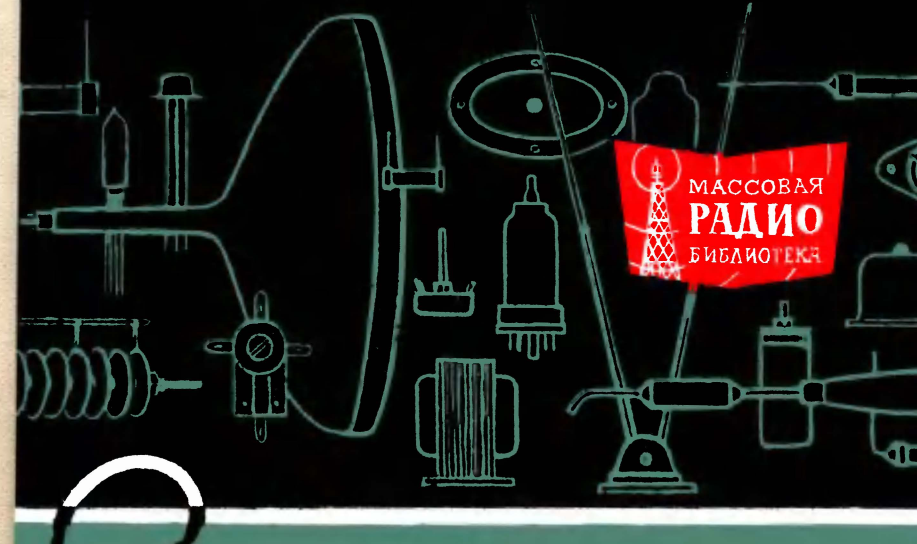


Справочник начинающего радиолюбителя



СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 581

СПРАВОЧНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Под общей редакцией Р. М. МАЛИНИНА

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.37/.39(031)
С74

Справочник предназначен для широкого круга лиц, начинающих заниматься радиолюбительством. Он содержит краткие теоретические сведения из области радиотехники, практические схемы радиовещательных приемников и телевизора, указания и рекомендации по их конструированию, монтажу и налаживанию, сведения о выпускаемых отечественной промышленностью электровакуумных и полупроводниковых приборах, а также радиодеталях широкого применения.

Приводятся схемы и описания самодельной аппаратуры для связи на УКВ, простых приборов для автоматического управления, измерительной аппаратуры, источников электропитания аппаратуры, сведения по электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведению.

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ПЕРВОМУ И ВТОРОМУ ИЗДАНИЯМ

Ежегодно ряды радиолюбителей пополняются большими отрядами лиц, начинающих увлекаться радиотехникой, занимающихся в радиокружках ДОСААФ, включающихся в работу радиоклубов.

При чтении радиотехнической литературы, а также при сборке той или иной радиоаппаратуры у начинающего радиолюбителя обычно возникает множество вопросов. Ответы на них он находит у более подготовленных товарищей, в консультациях радиоклубов или в результате просмотра ряда книг. Между тем ответы на большинство встречающихся вопросов начинающий радиолюбитель хотел бы найти в специально изданном для него справочнике.

Такой Справочник предлагается вниманию читателей. Он отличается от других справочников по радиотехнике тем, что начинающий радиолюбитель на большинство вопросов найдет в нем готовый ответ. Это обеспечивается тем, что практические сведения в значительной степени содержатся в Справочнике в виде таблиц, графиков или готовых схем. Только в отдельных случаях радиолюбителю придется воспользоваться для получения ответа простыми формулами.

Книга содержит расшифровку радиотехнических обозначений, символов, единиц измерения, основных терминов, понятий и параметров. В ней даны элементарные сведения из радиотехники, справочные материалы о выпускаемых нашей промышленностью электронных лампах, полупроводниковых приборах и радиодеталях.

Значительное место в Справочнике занимают практические схемы радиоприемников и усилителей низкой частоты на электронных лампах и полупроводниковых приборах со всеми необходимыми данными, описания простых измерительных приборов, рекомендации по налаживанию радиоаппаратуры и устранению в ней простейших неисправностей. Даются также элементарные сведения по технике телевидения, электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведению.

Радиолюбители, начинающие заниматься радиотелефонной связью на УКВ, найдут здесь основные материалы об УКВ антеннах, приемниках, передатчиках, налаживании их и правилах работы на радиостанции.

Редакция

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

После выхода в свет первых двух изданий Справочника начинающего радиолюбителя редакция Массовой радиобиблиотеки получила большое количество писем, в которых читатели высказывают свои замечания и пожелания по содержанию этих изданий. Большинство их учтено при подготовке настоящего, третьего издания.

По сравнению с предыдущими изданиями, материал данного Справочника в значительной своей части обновлен. В нем шире изложены вопросы телевидения, введен новый раздел с описанием телевизора начинающего радиолюбителя. Добавлен раздел по основам автоматики. Полностью заново, с привлечением новых авторов, составлены разделы, посвященные любительской радиотелефонной связи на УКВ, монтажу радиоаппаратуры и электровакуумным приборам. Материал других разделов Справочника подвергнут значительной переработке.

В связи с пожеланиями читателей, отмечавших в своих письмах, что подавляющее большинство советских людей на основе курса средней школы и повседневной бытовой практики в достаточной мере теоретически и практически знакомо с теорией и практикой электротехники, из этого издания Справочника исключен раздел, посвященный общим законам и понятиям из области электричества и магнетизма. Исключен также материал о записи звука на диски, поскольку этот метод, в настоящее время практически не применяется радиолюбителями, и раздел, посвященный обработке материалов, так как, по мнению читателей, эта тема не имеет прямого отношения к радиолюбительскому Справочнику. Вместе с тем расширены другие разделы, представляющие интерес для широких кругов радиолюбителей.

Необходимо заметить, что наряду со схемами, по которым может строить аппаратуру неопытный радиолюбитель, в Справочнике описана аппаратура и по более сложным схемам, которые могут быть реализованы радиолюбителем только после того, как он приобретет некоторый опыт в монтаже и налаживании ряда более простых конструкций. К числу конструкций, за которые читателю не следует браться с самого начала своей радиолюбительской деятельности относятся, например, телевизор, УКВ передатчик и устройство автоматического управления с шаговым искателем.

Авторами третьего издания Справочника начинающего радиолюбителя являются: Г. А. Бартновский (оба раздела ч. 9), В. М. Большов (разд. 3—8, 14, 15, все разделы ч. 7, вопросы налаживания и устранения неисправностей радиовещательных прием-

ников в разд. 17 и 18, описание контурных катушек и трансформаторов промежуточной частоты в разд. 41), В. И. Гукин (разд. 21, 23 и частично разд. 22), В. М. Иванов (все разделы ч. 6), А. М. Изотамм (оба раздела ч. 3, вопросы распространения УКВ в разд. 1, описание антенн для УКВ связи в разд. 22 и вопросы конструирования УКВ аппаратуры в разд. 35), Р. М. Малинин (разд. 1, 9—12, все разделы ч. 8, разд. 38—40 и материал по магнитным сердечникам, низкочастотным трансформаторам и дросселям в разд. 41), А. М. Пилтакян (разд. 2), Ю. Н. Прозоровский (разд. 37), А. М. Терских (все разделы ч. 5), С. К. Сотников (разд. 13, 16 и частично материал разд 14, 17, 18 и 22), А. Г. Соболевский (разд. 42).

В редактировании и рецензировании материалов третьего издания Справочника начинающего радиолюбителя приняли участие А. М. Брейдо, Н. М. Изюмов, С. А. Ельяшкевич, В. Г. Корольков, А. И. Кузьминов, К. Б. Мазель, В. К. Лабутин, М. М. Эфрусси.

Мы ждем отзывов и замечаний об этой книге по следующему адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия», редакции Массовой радиобиблиотеки.

Редакция

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Часть вторая

Приемно-усилительные устройства

Стр

Часть третья

Любительская радиотелефонная связь на ультракоротких волнах

Стр.

Часть четвертая

Антенны

Стр.

Часть пятая

Автоматическое управление

Часть шестая

Звуковоспроизведение и звукозапись

Стр.

Часть седьмая

Измерения и измерительные приборы

Часть восьмая

Электропитание радиоаппаратуры

Стр.

Часть девятая

Конструирование и монтаж радиоаппаратуры

Часть десятая

Детали радиоаппаратуры

Стр.

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

0-1. СОКРАЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ И СЛОВ

АМ — амплитудная модуляция; амплитудно-модулированный.
АРУ — автоматическое регулирование усиления; автоматический регулятор усиления.
В — восток.
ВЧ — высокая частота; высокочастотный.
ГВ — воспроизводящая магнитная головка.
ГЗ — записывающая магнитная головка
ГИР — гетеродинный индикатор резонанса.
ГОСТ — Государственный стандарт.
ГС — стирающая магнитная головка.
ГУ — универсальная магнитная головка.
ДВ — длинные волны; длинноволновый.
ДМВ — дециметровые волны.
З — запад.
К — конец обмотки трансформатора (обозначение на схемах).
КВ — короткие волны; коротковолновый.
к. п. д. — коэффициент полезного действия.
млн. — миллион.
млрд. — миллиард.
Н — начало обмотки (обозначение на схемах).
НЧ — низкая частота; низкочастотный.
ППП — полупроводниковый прибор, приборы.
ПУЛ — приемно-усилительная лампа, лампы.
ПЧ — промежуточная частота.
С — средняя точка обмотки (обозначение на схемах).
С — север, северный полюс магнита.
СВ — средние волны; средневолновый.
СВЧ — сверхвысокая частота; сверхвысокочастотный.
СДВ — сверхдлинные волны.
СМВ — сантиметровые волны.
ТКЕ — температурный коэффициент емкости конденсатора.
ТКС — температурный коэффициент сопротивления.
т. э. д. с. — термо-электродвижущая сила.
УВ — усилитель канала воспроизведения магнитофона.

УВЧ — усилитель высокой частоты; усиление высокой частоты
УКВ — ультракороткие волны; ультракоротковолновый.
УНЧ — усилитель низкой частоты; усиление низкой частоты.
УПЧ — усилитель промежуточной частоты; усиление промежуточной частоты
ФПЧ — фильтр промежуточной частоты.
ЧМ — частотная модуляция; частотно-модулированный.
Э — экран (обозначение на схемах и чертежах).
ЭВП — электровакуумный прибор, приборы.
э. д. с. — электродвижущая сила.
Ю — юг; южный полюс магнита
I — первичная обмотка трансформатора.
II — вторичная обмотка трансформатора.
III, *IV* — третья и четвертая обмотки трансформатора (вторичные).

0-2. СОКРАЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТЕРМИНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ

A_1, A_2 — радиопередача (радиосвязь) телеграфом.
A_3 — радиопередача (радиосвязь) телефоном с амплитудной модуляцией.
CQ — вызов по радио: «всем, всем».
CW — радиопередача с кварцевой стабилизацией.
DX — дальняя радиосвязь.
F_3 — радиопередача (радиосвязь) телефоном с частотной модуляцией.
QSL — карточка — «квитанция», высылаемая одним радиолюбителем другому в подтверждение проведенной радиосвязи (радиоприема).
QSO — двусторонняя радиосвязь.
SOS — сигнал бедствия, передаваемый по радио.
SSB — радиотелефонная передача на одной боковой полосе частот.

0-3. СОКРАЩЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

а — ампер — единица величины электрического тока.
а/в — ампер на вольт.
а·ч — ампер-час — единица количества электричества, емкости гальванического элемента, аккумулятора, батареи (3 600 *к*).
в — вольт — единица электрического напряжения.
ва — вольт-ампер — единица кажущейся электрической мощности
вт — ватт — единица электрической мощности.
вт·ч — ватт-час — единица электрической энергии.
г. — год.
г — грамм.
г/л — грамм на литр.
Ггц — гигагерц—единица частоты (1 млрд. *гц*, 1 000 *Мгц*).
гц — герц — единица частоты.

гн — генри — единица индуктивности.

дб — децибел — логарифмическая единица для измерения уровней и отношений уровней электрических сигналов или акустических величин.

к — кулон — единица количества электричества (1 *а/сек*).

кв — киловольт — единица электрического напряжения (1 000 *в*).

квт — киловатт — единица электрической мощности (1 000 *вт*).

квт·ч — киловатт-час — единица электрической энергии (1 000 *вт·ч*)

кг — килограмм.

кгц — килогерц — единица частоты (1 000 *гц*).

км — километр.

км/сек — километр в секунду — единица скорости.

ком — килоом — единица электрического сопротивления (1 000 *ом*).

л — литр.

лк — люкс — единица освещенности.

лм — люмен — единица световой энергии.

м — метр.

$м^2$ — квадратный метр.

$м^3$ — кубический метр.

м/сек — метр в секунду — единица скорости.

ма — миллиампер — единица величины электрического тока (0,001 *а*).

ма/в — миллиампер на вольт.

мв — милливольт — единица электрического напряжения (0,001 *в*).

мв/м — милливольт на метр — единица напряженности электрического поля радиоволн.

мвт — милливатт — единица электрической мощности (0,001 *вт*).

мг — миллиграмм.

мгн — миллигенри — единица индуктивности, взаимоиндукции (0,001 *гн*)

Мгц — мегагерц — единица частоты (1 млн. *гц*).

мес. — месяц.

мин. — минута

мка — микроампер — единица величины электрического тока (0,001 *ма*).

мкв — микровольт — единица электрического напряжения (0,001 *мв*).

мкв/м — микровольт на метр — единица напряженности электрического поля радиоволн.

мквт — микроватт — единица электрической мощности (0,001 *мвт*).

мкгн — микрогенри — единица индуктивности, взаимоиндукции (0,001 *мгн*).

мкм — микрон (0,001 *мм*).

мксим (*мкмо*) — микросименс (микромо) — единица электрической проводимости $\left(\frac{1}{1\ Мом}\right)$.

мкс — максвелл — единица магнитного потока.
мксек — микросекунда (одна миллионная доля секунды).
мкф — микрофарада — единица электрической емкости конденсатора (одна миллионная доля фарады).
мм — миллиметр.
*мм*² — квадратный миллиметр.
*мм*³ — кубический миллиметр.
мм рт. ст — миллиметр ртутного столба — единица атмосферного давления.
ммкс — миллимаксвелл — единица магнитного потока (0,001 *мкс*).
мл — миллилитр (0,001 *л*).
Мом — мегом — единица электрического сопротивления (1 млн. *ом*).
н — ньютон (*кг · м/сек*²) — единица силы (100 000 *дин*).
*н/м*² — ньютон на квадратный метр — единица давления.
об/мин — оборот в минуту — единица скорости вращения.
пф — пикофарада — единица электрической емкости, например конденсатора (одна миллионная доля микрофарады).
сек — секунда.
сим — сименс — единица электрической проводимости $\left(\frac{1}{1\ ом}\right)$.
см — сантиметр.
*см*² — квадратный сантиметр.
*см*³ — кубический сантиметр.
тл — тесла — единица магнитной индукции.
ч — час.
ф — фарада — единица электрической емкости.
э — эрстед—единица напряженности магнитного поля.
°C — градус Цельсия (температура).

0-4. БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН

B — толщина; магнитная индукция.
C — емкость электрическая.
$C_{ном}$ — емкость конденсатора номинальная.
$C_{мин}$ — емкость конденсатора переменной емкости минимальная (начальная).
$C_{макс}$ — то же максимальная (конечная).
D, d — диаметр.
d_I, d_{II}, d_{III} — диаметр провода первичной, вторичной и т. д. обмотки трансформатора (без изоляции).
F — частота низкая.
$F_ш$ — коэффициент шума (шумфактор) транзистора.
f — частота высокая.
h — высота.
I — ток, величина тока.
$I_а$ — анодный ток электронной лампы.
$I_{а\ макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.
$I_б$ — ток базы транзистора.
$I_{б.макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.
$I_к$ — ток коллектора транзистора.

$I_{к.макс}$ — предельное (максимальное) значение тока коллектора транзистора или тока катода электронной лампы.

$I_н$ — ток накала электронной лампы номинальный.

$I_{н.к}$ — ток обмотки накала кенотрона (в трансформаторе питания).

$I_{н.л}$ — то же обмотки накала приемно-усилительных или генераторных ламп.

$I_э$ — ток экранирующей сетки электронной лампы; ток эмиттера транзистора.

$I_{э.макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.

I_0 — постоянная составляющая тока; среднее значение выпрямленного тока.

K — коэффициент усиления каскада по напряжению.

L — индуктивность; геометрическая длина.

n — число оборотов в минуту.

Q — емкость электрическая аккумулятора, гальванического элемента, батареи (количество запасенного электричества).

P — мощность электрическая.

P_0 — мощность постоянного тока.

$P_{а.макс}$ — предельная (максимальная) электрическая мощность, рассеиваемая на аноде электронной лампы.

$P_{к.макс}$ — то же на коллекторе транзистора.

$P_{э.макс}$ — то же на экранирующей сетке электронной лампы.

R, r — электрическое сопротивление; радиус.

$R_а$ — эквивалентное сопротивление анодной нагрузки электронной лампы.

$R_{а\text{-}а}$ — эквивалентное сопротивление нагрузки между анодами ламп в двухтактном каскаде.

$r_{гр}$ — полное сопротивление громкоговорителя переменному току частотой 1 000 *гц*.

R_i — внутреннее сопротивление электронной лампы.

$R_{с.макс}$ — максимально допустимое сопротивление резистора в цепи управляющей сетки электронной лампы.

S — крутизна характеристики электронной лампы.

S, s — площадь сечения, площадь поверхности.

$S_{пр}$ — крутизна преобразования.

T — период колебаний.

$T_в$ — температура воздуха.

t — время.

U — напряжение.

$U_а$ — постоянное напряжение источника анодного питания электронной лампы.

$U_{а.макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.

$U_б$ — напряжение батареи.

$U_{исп}$ — испытательное напряжение, например конденсатора.

$U_к$ — напряжение источника питания транзистора.

$U_{к\text{-}б}$ — напряжение между коллектором и базой транзистора.

$U_{к\text{-}б.\ макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.

$U_{к\text{-}п.\ макс}$ — предельное (максимальное) напряжение между катодом и подогревателем электронной лампы.

$U_{к\text{-}э}$ — напряжение между коллектором и эмиттером транзистора.

$U_{к\text{-}э.\ макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.

$U_н$ — напряжение накала электронной лампы; напряжение на нагрузке выпрямителя.

$U_{н.к}$ — напряжение обмотки накала кенотрона.

$U_{н.л}$ — напряжение обмотки накала приемно-усилительных электронных ламп.

$U_{ном}$ — номинальное напряжение конденсатора, гальванического элемента, аккумулятора, селенового выпрямителя.

$U_с$ — смещение (постоянное напряжение) на управляющей сетке электронной лампы.

$U_{с\sim}$ — напряжение сигнала на управляющей сетке электронной лампы, действующее значение

$U_{с\text{-}с\sim}$ — напряжение сигнала между управляющими сетками электронных ламп в двухтактном каскаде, действующее значение.

$U_э$ — смещение (постоянное напряжение) на экранирующей сетке электронной лампы.

$U_{э.макс}$ — то же предельное (максимальное) значение.

U_0 — постоянная составляющая напряжения; среднее значение выпрямленного напряжения.

v — скорость.

w — число витков.

w_I, w_{II}, w_{III}... — число витков первичной, вторичной и т. д. обмотки трансформатора.

w_{Ia}, $w_{Iб}$, w_{IIa}... — то же секций *а* и *б* соответствующих обмоток.

$Z_в$ — волновое сопротивление кабеля, фидерной линии.

$\varnothing$ — диаметр.

α — коэффициент затухания сигнала.

α, β — коэффициенты передачи тока транзистора.

δ — плотность тока.

λ — длина волны.

μ — коэффициент усиления электронной лампы.

$\mu_{нач}$ — начальная магнитная проницаемость.

$\mu_{эфф}$ — эффективная магнитная проницаемость.

η — коэффициент полезного действия.

π — отношение длины окружности к ее диаметру.

ρ — удельное электрическое сопротивление.

0-5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

$\sqrt{}$ — корень квадратный из.

$=$ — равно.

$\approx$ — приблизительно равно.

$<$ — меньше.

$\leqslant$ — равно или меньше (не более).

$\ll$ — намного меньше.

$>$ — больше.

$\geqslant$ — равно или больше (не менее).

$\gg$ — намного больше.

$\div$ — от до.

lg — десятичный логарифм.

0-6. ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ И ЧЕРТЕЖАХ

1. Буквы около зажимов или гнезд (рис. 0-3, *а*, 0-3, *в*, 0-3, *д*, 0-2, *м*) указывают, для подключения каких приборов или электрических цепей они предназначены: *А* — антенны; *Гр* — громкоговорителя; *З* — заземления; *Зв* — звукоснимателя; *Тлф* — телефона; *М* — микрофона; *Пр* — приемника.

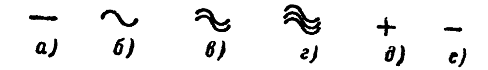


Рис. 0-1. Обозначения рода тока, напряжения, полярности.

а — постоянный ток, постоянное напряжение; *б* — переменный ток, переменное напряжение промышленной частоты (50 *гц*); *в*—то же низкой (звуковой) частоты; *г* — то же высокой частоты; *д* — положительная полярность; *е* — отрицательная полярность.

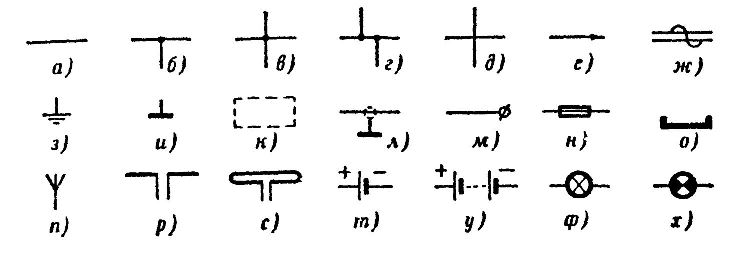


Рис. 0-2. Обозначения проводов, контактов, антенн и других электротехнических деталей.

а — провод электрической цепи; *б* — соединение проводов, ответвление от провода; *в*, *г* — два ответвления от провода; соединение четырех проводов; *д* — два провода пересекаются без электрического соединения между ними; *е* — провод продолжается за пределами схемы в направлении, указанном стрелкой; *ж* — двойной провод, свитый в шнур; *з* — соединение провода с землей (заземление); *и* — соединение провода с корпусом, с шасси прибора, аппарата; *к* — экран; *л* — провод экранированный, экран соединен с корпусом; *м* — зажим для подключения к аппарату внешней электрической цепи; *н* — плавкий предохранитель; *о* — постоянный магнит; *п* — антенна; *р* — антенный УКВ вибратор симметричный; *с* — то же петлевой, *т* — гальванический или аккумуляторный элемент; *у* — батарея из последовательно соединенных гальванических или аккумуляторных элементов; *ф* — лампа накаливания осветительная; *х* — то же, сигнальная.

2. Число, стоящее около резистора (рис. 0-4), указывает его сопротивление. Если это целое число без десятичной дроби и без указания единицы измерения, либо это число представляет собой десятичную дробь или целое число с десятичной дробью и после него стоит слово *ом*, сопротивление выражено в омах. Если после целого числа стоит обозначение *к*, сопротивление выражено в килоомах.

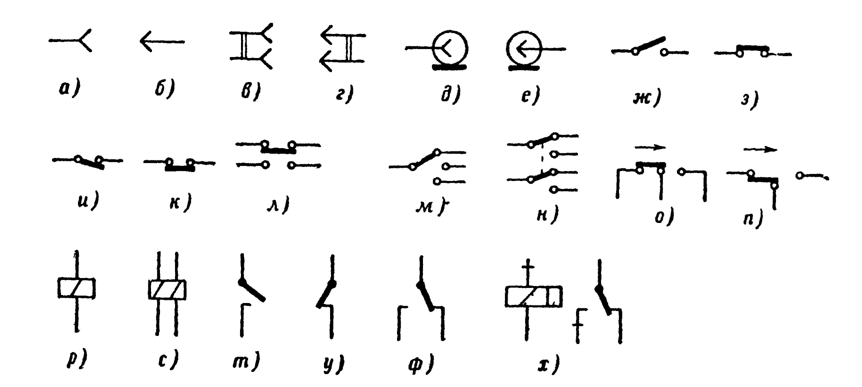


Рис. 0-3. Обозначения штепсельных соединений, выключателей, переключателей и электромагнитных реле.

а — штепсельное гнездо; *б* — штепсель однополюсный; *в* — штепсельная розетка, колодка на два штепсельных гнезда; *г* — штепсельная вилка двухполюсная; *д* — гнездо высокочастотного коаксиального разъема; *е* — штепсельная часть высокочастотного коаксиального разъема; *ж*, *з* — контакт выключателя замыкающий, однополюсный выключатель; *и*, *к* — контакт выключателя размыкающий; *л* — переключатель; *м* — переключатель однополюсный на три направления; *н* — то же двухполюсный на два направления; *о*, *п* — контакты переключателя диапазонов; *р* — обмотка электромагнитного нейтрального реле; *с* — обмотки двухобмоточного реле; *т* — контакт реле замыкающий; *у* — то же размыкающий; *ф* — то же переключающий; *х* — поляризованное реле (контакт, отмеченный черточкой, замыкается при приложении положительного полюса напряжения к отмеченному черточкой выводу обмотки).

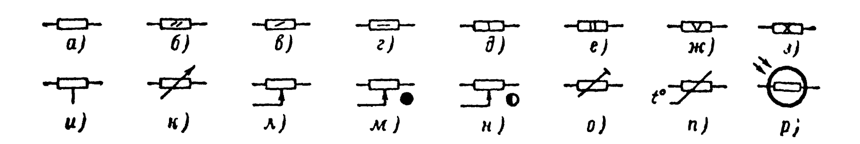


Рис. 0-4. Обозначения резисторов (сопротивлений).

а — общее обозначение; *б* — постоянный непроволочный номинальной мощностью 0,125 *вт*; *в* — то же, 0,25 *вт*; *г* — то же 0,5 *вт*; *д* — то же 1 *вт*; *е* — то же 2 *вт*; *ж* — то же 5 *вт*; *з* — то же 10 *вт*; *и* — резистор с отводом; *к* — резистор переменный; *л* — резистор переменный; потенциометр; *м* — то же с регулировкой со стороны передней панели приемника телевизора; *н* — то же с регулировкой с задней или боковой стороны приемника, телевизора; *о* — резистор регулируемый (подстроечный), например типа ПЭВ-Р, СП со шлицем на оси под отвертку; *п* — терморезистор (термистор, термосопротивление); *р* — фоторезистор (фотосопротивление).

Когда же около резистора стоит величина в виде десятичной дроби или целого числа с десятичной дробью (в том числе, когда после запятой стоит нуль) и единица измерения не указана, сопротивление выражено в мегомах.

Примеры:

R_1 *150* — следует читать: R_1 150 *ом*.

R_2 *150 к* — следует читать: R_2 150 *ком*.

R_3 *3* — следует читать: R_3 3 *ом.*
R_4 *3,0* — следует читать: R_4 *3 Мом.*
R_5 *4,7 ом* — следует читать: R_5 4,7 *ом.*
R_6 *4,7* — следует читать: R_6 4,7 *Мом.*

3. Число, стоящее около обозначения конденсатора на схеме (рис. 0-5), указывает его емкость. Если это целое число без добавления единицы измерения, емкость конденсатора выражена в пикофарадах.



Рис. 0-5. Обозначения конденсаторов.

а — конденсатор постоянной емкости; *б* — то же проходной; *в* — то же электролитический; *г* — старое обозначение электролитического конденсатора; *д* — конденсатор переменной емкости; *е* — то же с обозначением ротора (дугообразная линия); *ж* — блок из двух конденсаторов переменной емкости; *з* — конденсатор переменной емкости, дифференциальный; *и* — конденсатор подстроечный (полупеременный).

Когда же около конденсатора стоит величина в виде десятичной дроби или целого числа, после которого имеются запятая и нуль, емкость конденсатора выражена в микрофарадах.

Примеры:

C_1 *30* — следует читать: C_1 30 *пф.*
C_2 *30,0* — следует читать: C_2 30 *мкф.*
C_3 *0,1* — следует читать: C_3 0,1 *мкф.*

После емкости электролитического конденсатора иногда указывается его номинальное напряжение в вольтах.

Пример: C_4 *20,0 450 в* — следует читать: конденсатор C_4 емкостью 20 *мкф* на номинальное напряжение 450 *в.*

Когда около конденсатора переменной емкости или полупеременного конденсатора (подстроечника) стоит одно число, оно указывает его максимальную емкость в пикофарадах; если же около его обозначения стоят два числа, разделенные знаком тире или знаком ÷ , первое из них указывает начальную (минимальную), а второе — максимальную емкость в пикофарадах.

4. Емкость конденсатора или сопротивление резистора, около которых стоит звездочка, являются ориентировочными и должны быть подобраны экспериментальным путем при налаживании схемы.

5. В обозначении полупроводникового диода (рис. 0-8, *а*) вершина треугольника, расположенного на линии провода, указывает пропускное направление.

6. Число в прямоугольной рамочке около резонансного контура указывает частоту, на которую он настроен (применяется главным образом в схемах телевизоров); если единица измерения не указана, частота выражена в мегагерцах.

7. Применение детали, указанной на схеме пунктиром, не обязательно; необходимость в ней устанавливается при налаживании схемы.

8. Напряжение, указанное около какого-либо проводника, электрода лампы или транзистора, — напряжение между данной точкой и корпусом аппарата (шасси, землей).

9. Когда на схеме указана только точка подключения одного из полюсов источника питания, подразумевается, что его второй полюс присоединен к корпусу (шасси) радиоприбора, аппарата.

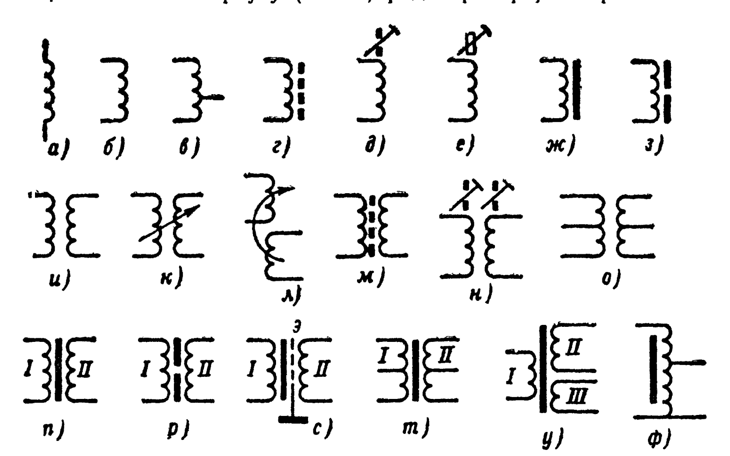


Рис. 0-6. Обозначения катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и автотрансформаторов.

а, *б* — катушка индуктивности, высокочастотный дроссель без сердечника; *в* — то же с отводом; высокочастотный автотрансформатор; *г* — катушка индуктивности, высокочастотный дроссель с альсиферовым, карбонильным или ферритовым неподвижным сердечником; магнитная антенна, *д* — катушка с таким же подвижным сердечником; *е* — катушка индуктивности с подвижным немагнитным сердечником (из меди, латуни); *ж* — катушка индуктивности, низкочастотный дроссель с сердечником из электротехнической стали или пермаллоя; *з* — то же с зазором в сердечнике; *и* — две индуктивно связанные катушки индуктивности без сердечников, трансформатор высокой (промежуточной) частоты; *к*, *л* — две катушки с переменной связью между ними (связь изменяется путем изменения взаимного положения катушек); *м* — трансформатор высокой (промежуточной) частоты с альсиферовым, карбонильным или ферритовым сердечником; *н* — то же, но каждая катушка имеет отдельный подвижной сердечник-подстроечник; *о* — трансформатор высокой (промежуточной) частоты с отводами в каждой обмотке; *п* — трансформатор низкой частоты с сердечником из электротехнической стали или пермаллоя; двухобмоточный трансформатор питания; *р* — то же, но сердечник с зазором; *с* — трансформатор с экранирующей обмоткой и сердечником из электротехнической стали или пермаллоя; *т* — то же без экранирующей обмотки с отводами в каждой обмотке; *у* — трехобмоточный трансформатор низкой частоты, трансформатор питания; *ф* — автотрансформатор питания.

10. Число около крестика (×) на проводе в принципиальной схеме указывает величину тока в этом проводе. Если около крестика стоит буквенное обозначение величины (например, $I_а$ —анодный ток), значение ее дается в тексте или соответствующей таблице.

11. Электроды полупроводниковых приборов и выводы от них на схемах и чертежах обозначаются следующими буквами: *Б*, *б* — ба-

за; *К, к* — коллектор; *Э, э* — эмиттер (см. рис. 0-8 и соответствующие рисунки разд. 38).

12. Электроды электровакуумных приборов и выводы от них на

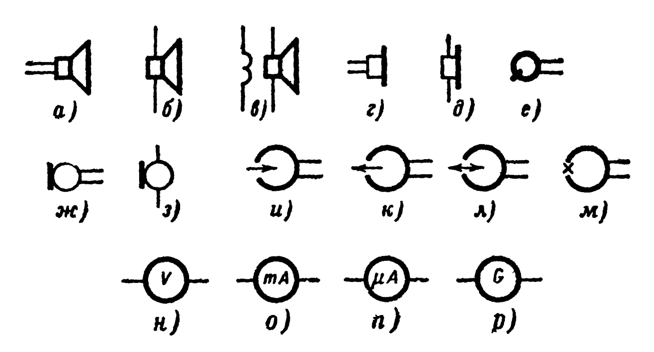


Рис. 0-7. Обозначения электроакустических и электроизмерительных приборов.

а, б — громкоговоритель с постоянным магнитом; *в* — то же с подмагничиванием; *г, д* — головной телефон (наушник); *е* — звукосниматель; *ж, з* — микрофон; *и* — магнитная головка магнитофона воспроизводящая; *к* — то же записывающая; *л*—то же универсальная; *м* — то же стирающая; *н* — вольтметр; *о* — миллиамперметр; *п* — микроамперметр; *р* — гальванометр.

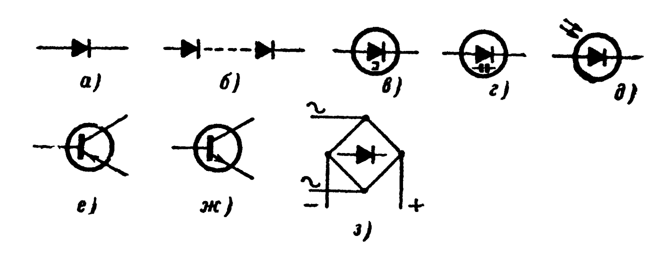


Рис. 0-8. Обозначения полупроводниковых приборов.

а — диод, общее обозначение электрического вентиля; *б* — группа последовательно соединенных диодов (вентилей), столб; *в* — туннельный диод; *г* — варикап; *д* — фотодиод; *е* — транзистор структуры *р-п-р*; *ж* — транзистор структуры *п-р-п*; *з* — выпрямитель полупроводниковый по мостовой схеме.

схемах обозначаются следующим образом (см. рис. 0-9—0-10 и схемы цоколевки в разд. 37).

а — анод.

a_1, a_2 — аноды двойного диода, двуханодного кенотрона, двойного триода, двойного лучевого тетрода, электронно-лучевой трубки.

аг — анод гептодной или гексодной части комбинированной лампы.

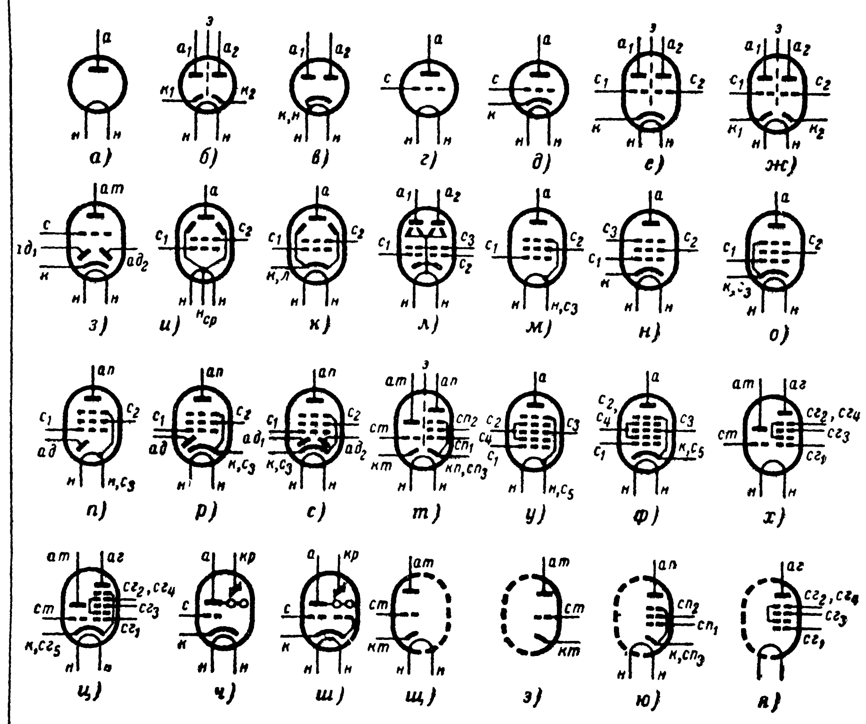


Рис. 0-9. Обозначения приемно-усилительных и генераторных электронных ламп.

а — диод, одноанодный кенотрон прямого накала; *б* — двойной диод подогревный; *в* — двуханодный кенотрон подогревный; *г*—триод прямого накала; *д* — триод подогревный; *е* — двойной триод подогревный; *ж* — то же с раздельными катодами у триодов; *з* — двойной диод-триод подогревный; *и*—тетрод лучевой прямого накала; *к* — то же подогревный; *л* — двойной тетрод лучевой генераторный, подогревный; *м* — пентод прямого накала; *н*, *о* — пентод подогревный; *п* — диод-пентод прямого накала; *р* — диод-пентод подогревный; *с* — двойной диод-пентод подогревный; *т*—триод-пентод подогревный; *у* — гептод прямого накала; *ф* — гептод подогревный; *х* — триод-гексод прямого накала; *ц* — триод-гептод подогревный; *ч*, *ш* — электронно-световой индикатор; *щ*, *э* — триод, входящий в состав подогревного двойного триода, триод-пентода, триод-гептода или триод-гексода; *ю*—пентод, входящий в состав подогревного триод-пентода; *я*—гексод, входящий в состав триод-гексода прямого накала.

ад, *ад*$_1$, *ад*$_2$, *ад*$_3$ — аноды диодов в диод-триодах и диод-пентодах.

ап — анод пентодной части комбинированной лампы (диод-пентод, триод-пентод).

ат — анод триодной части комбинированной лампы (диод-триод, триод-пентод, триод-гексод).

б — вывод от баллона металлической лампы.

к — катод.

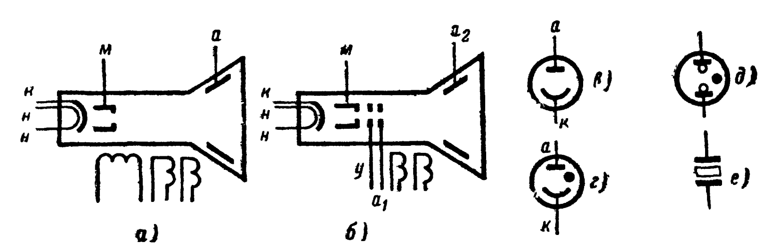


Рис. 0-10. Обозначения разных электровакуумных приборов и кварцевых резонаторов.

а — кинескоп с магнитной фокусировкой и магнитным отклонением луча; *б* — кинескоп с электростатической фокусировкой и магнитным отклонением луча; *в* — фотоэлемент электронный (вакуумный); *г* — фотоэлемент ионный (газонаполненный); *д* — лампа тлеющего разряда (неоновая); *е* — кварцевый резонатор.

к$_1$, *к*$_2$ — раздельные катоды двойного диода, двойного триода или иной комбинированной лампы.

кр — кратер электронно-оптического индикатора настройки

кп — отдельный катод пентодной части комбиированной лампы.

кт — отдельный катод триодной части комбинированной лампы (триод-пентод, тройной диод-триод).

л — лучеобразующие пластины лучевого тетрода.

м — модулятор (управляющий электрод) кинескопа.

н — нить накала; подогреватель в лампе косвенного накала.

н$_{ср}$ — вывод средней точки нити накала.

с — сетка.

с$_1$ — сетка одного из триодов двойного триода; управляющая сетка пентода.

с$_2$ — сетка другого триода двойного триода; экранирующая сетка пентода, лучевого тетрода, гептода.

с$_3$ — третья сетка пентода; «сигнальная» сетка гептода; экранирующая сетка двойного лучевого (генераторного) тетрода.

с$_4$ — экранирующая сетка гептода.

с$_5$ — защитная сетка гептода.

сг$_1$, *сг*$_2$, *сг*$_3$, *сг*$_4$, — сетки гексодной или гептодной части комбинированной лампы.

сп$_1$, *сп*$_2$, *сп*$_3$ — сетки пентодной части триод-пентода.

ст — сетка триодной части триод-пентода, триод-гептода, триод-гексода.

у — ускоряющий электрод кинескопа.
э — экран между частями комбинированной лампы (например, между триодной и пентодной частями триод-пентода).

13. Цепи накала ламп при питании их переменным током на принципиальных схемах иногда не показывают; при этом концы обмоток накала трансформатора питания и выводы от нитей накала, к которым они присоединяются, обозначают одинаковыми буквами.

Иногда не показывают на схемах подогреватели ламп косвенного накала (см., например, рис. 0-9, *э*), или показывают их отдельно, вне обозначений ламп (см., например, рис. 29-12 и 29-13).

14. Пунктирные линии между деталями на принципиальной схеме указывают, что эти детали механически связаны (например, пунктирная линия, соединяющая потенциометр и выключатель, указывает, что они управляют общей ручкой)

15. На конструктивных чертежах все размеры указываются в миллиметрах без добавления этой единицы измерения. Как исключение большие размеры могут быть указаны в метрах; при этом после чисел добавляется буква *м*.

16. Если в тексте или таблице указан размер в виде произведения (например, 10×12×30 *мм*), первое число выражает длину, второе — ширину и третье — высоту или толщину. Для цилиндрических деталей первое число со стоящим впереди знаком ∅ указывает диаметр, а второе число — длину.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
ОСНОВЫ РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1
РАДИОПЕРЕДАЧА И РАДИОПРИЕМ

1-1. ТОКИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ. ПЕРЕДАЮЩАЯ РАДИОСТАНЦИЯ

Радиопередача и радиоприем основаны на использовании переменных электрических токов высокой частоты (сокращенно: ВЧ) и электромагнитных волн (радиоволн).

Токами ВЧ называют переменные токи с частотами свыше 20 килогерц (*кгц*). Один килогерц соответствует 1 000 герц (*гц*). Кроме того, в радиотехнике широко применяются единицы измерения частоты: мегагерц (*Мгц*), соответствующая одному миллиону герц, и гигагерц (*Ггц*), соответствующая одному миллиарду герц.

Частоты меньше 30—35 *кгц* до 16 *кгц* обычно называют ультразвуковыми (точной границы между ними и высокими частотами нет), а частоты от 16 до 16 000 *гц* — звуковыми или низкими частотами (сокращенно: НЧ).

Как известно, переменный ток — это периодически повторяющееся движение электронов в электрической цепи (в контуре) то в одну, то в другую сторону, т. е. он представляет собой колебательный процесс. В связи с этим в радиотехнике переменный ток чаще называют «колебания» или «электрические колебания». Наиболее распространены эти термины для токов ВЧ. Например, вместо того чтобы сказать: «переменный ток ВЧ», говорят: «высокочастотные колебания» или «колебания ВЧ».

Основными частями всякой передающей радиостанции являются радиопередатчик и антенна.

Передатчик вырабатывает токи ВЧ и направляет их в антенну; он потребляет энергию от электрической сети переменного тока или другого источника электроэнергии, т. е. преобразует энергию переменного тока промышленной частоты 50 *гц* (или постоянного тока) в энергию переменного тока ВЧ.

Передатчики различных радиостанций создают в антеннах токи с различными частотами, причем каждый работает только на своей, отведенной ему частоте. Это позволяет слушать передачу любой из радиостанций без помех со стороны остальных.

Антенна радиостанции представляет собой систему проводников, расположенных на мачтах (или башнях). Когда по этим про-

водникам проходят токи ВЧ, вокруг них возникает переменное электромагнитное поле, изменяющееся с частотой тока в антенне. Мощности переменного тока ВЧ в антеннах радиовещательных станций достигают сотен и тысяч киловатт, а в антеннах радиолюбительских передатчиков не превышают десятков или сотен ватт.

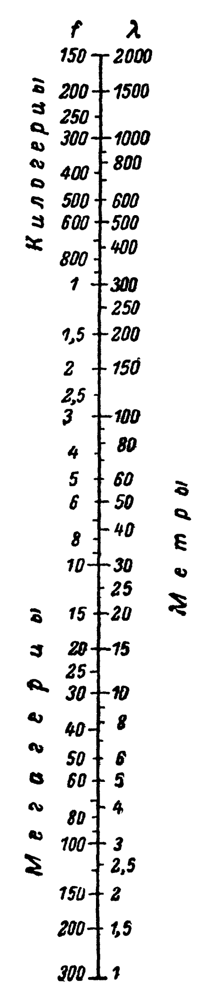


Рис. 1-1. График для определения длины волны по частоте и обратно.

1-2. РАДИОВОЛНЫ

Переменное электромагнитное поле антенны распространяется от антенны в пространстве во все стороны, унося в себе полученную от антенны энергию. Это явление называется излучением электромагнитного поля.

Скорость распространения электромагнитного поля в земной атмосфере и космосе равна скорости распространения света: 300 000 *км/сек* (свет также представляет собой распространяющееся в пространстве электромагнитное поле еще более высокой частоты). Распространение света и электромагнитного поля антенны происходит в виде волн. Соответственно аналогично понятию «световые волны» применяют понятие «радиоволны».

Длина радиоволны — это расстояние, на которое электромагнитное поле (радиоволны) распространяется за время одного периода тока ВЧ в антенне. Так, если частота тока в антенне радиостанции 1 *Мгц*, то за время одного периода (за одну миллионную долю секунды) электромагнитная волна, распространяясь со скоростью 300 000 *км/сек* (300 млн. *м/сек*), пройдет 300 *м*. Следовательно, длина волны этой радиостанции 300 *м*. Чем больше частота тока ВЧ в антенне радиостанции, тем короче ее волна и, наоборот, чем меньше частота, тем волна длинее.

Длину волны λ в метрах по известной частоте *f* или наоборот можно определить приближенно по графику на рис. 1-1 или вычислить точно по формулам:

$$\lambda(м) = \frac{300\,000}{f\,(кгц)}; \quad f\,(кгц) = \frac{300\,000}{\lambda\,(м)}; \quad (1\text{-}1)$$

$$\lambda\,(м) = \frac{300}{f\,(Мгц)}; \quad f\,(Мгц) = \frac{300}{\lambda\,(м)}. \quad (1\text{-}2)$$

Пример 1. Определить длину волны радиостанции, работающей на частоте 173 *кгц*.

По формуле (1-1)

$$\lambda = \frac{300\,000}{173} = 1\,734\ м.$$

Пример 2. Определить частоту тока в антенне радиостанции, работающей на волне 4,45 *м*.

По формуле (2-2)

$$f = \frac{300}{4,45} = 67,4 \text{ Мгц}.$$

1-3. ДИАПАЗОНЫ РАДИОВОЛН

Сверхдлинные волны (СДВ) — длиннее 10 000 *м* (частоты 20—30 *кгц*).

Длинные волны (ДВ) — длиной 1 000—10 000 *м* (частоты 300—30 *кгц*).

В технике радиовещания к длинным волнам относят волны длиной 700—2 000 *м* (частоты 150—430 *кгц*).

Средние волны (СВ) — длиной 100—1 000 *м* (частоты 3 *Мгц* — 300 *кгц*).

Для радиовещания в средневолновом диапазоне отведен участок от 187 до 575 *м* (частоты 1,6 *Мгц* — 520 *кгц*).

Короткие волны (КВ) — длиной 10—100 *м* (частоты 30—3 *Мгц*).

Ультракороткие волны (УКВ) — короче 10 *м* (частоты выше 30 *Мгц*).

Радиолюбители условно относят к УКВ диапазону также предоставленные им для связи между собой волны длиной 10,1—10,71 *м*, поскольку эти волны по своим свойствам близки к ультракоротким (см. ч. 3 Справочника). Радиолюбителей, ведущих радиопередачу и радиоприем на этих волнах, называют ультракоротковолновиками («укавистами»).

Ультракороткие волны разделяют на:

метровые — длины волн 1—10 *м* (частоты 300 — 30 *Мгц*);

дециметровые (ДМВ) — длины волн 10 *см* — 1 *м* (частоты 3 *Ггц* — 300 *Мгц*);

сантиметровые (СМВ) — длины волн 1—10 *см* (частоты 30 — 3 *Ггц*),

миллиметровые — длины волн 1—10 *мм* (частоты 300—30 *Ггц*);

субмиллиметровые — длины волн короче 1 *мм* (частоты выше 300 *Ггц*).

1-4. РАДИОТЕЛЕФОННАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Радиовещательные передачи ведут из специально оборудованных помещений — р а д и о с т у д и й. В радиостудиях установлены м и к р о ф о н ы (см. стр. 383), которые преобразуют воспроизводимые в радиостудии речь, пение, музыку в электрические переменные токи НЧ. Эти токи передают по проводам в а п п а р а т у р н у ю радиовещательного узла, где их усиливают и по проводам же направляют на р а д и о в е щ а т е л ь н у ю с т а н ц и ю.

При передачах (трансляциях) из театров, концертных залов, со стадионов микрофоны устанавливают в этих местах и соединяют проводами через аппаратную радиовещательного узла с радиовещательной станцией.

Часто программу предварительно записывают на магнитную ленту (см. разд. 29), а затем запись передают по радио.

Амплитудная модуляция. При радиовещании на ДВ, СВ и КВ созданные микрофоном и усиленные токи НЧ изменяют амплитуду

Таблица 1-1

Использование различных частот и волн

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
18 *кгц*±7,5 %		Промышленные ультразвуковые установки	
22 *кгц*±7,5 %		Промышленные и медицинские ультразвуковые установки	
31,25 *кгц*	(9 600 *м*)	Поднесущая частота при стереофоническом радиовещании	
44 *кгц*±10 %	(6 860 *м*)	Промышленные ультразвуковые установки	
66 *кгц*±12 %	(4 540 *м*)	Промышленные и медицинские установки	
78 *кгц*	(3 840 *м*)	Несущая частота в системах многопрограммного вешания по проводам	
110—115 *кгц*	(2 720 *м*)	Несущая ПЧ радиовещательных ДВ—СВ приемников III и IV классов	
120 *кгц*	(2 500 *м*)	Несущая частота в системах многопрограммного вешания по проводам	
150—408 *кгц*	2 000—735,3 *м*	Радиовещание	Длинноволновый радиовещательный
440 *кгц*±2 %	(686 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	
465±2 *кгц*	(647—642 *м*)	Стандартная несущая ПЧ вещательных приемников при приеме передач с АМ	
500 *кгц*	600 *м*	Передача сигналов бедствия на море (SOS)	
520 *кгц*—1,6 *Мгц*	575—187 *м*	Радиовещание	Средневолновый радиовещательный
880 *кгц* ± 1 %	(343 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	
1,5—2 *Мгц*	200—150 *м*	Связь геологоразведочных партий	
1,76 *Мгц*±2,5 %	(171 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
3,5—3,6 *Мгц*	85,71—83,3 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	80-метровый радиолюбительский
3,6—3,65 *Мгц*	83,3—82,19 *м*	То же телефоном	То же
3,95—4,1 *Мгц*	75,95—73 *м*	Радиовещание	75-метровый радиовещательный
5,28 *Мгц*±2,5 %	(56,8 *м*)	Промышленные и медицинские установки	
5,95—6,2 *Мгц*	50,5—48,4 *м*	Радиовещание	49-метровый радиовещательный
6,275 *Мгц*	47,8 *м*	Передача сигналов бедствия на море (SOS)	
6,5 *Мгц*	(46,1 *м*)	Стандартная промежуточная частота канала звукового сопровождения телевизоров	
7,0—7,05 *Мгц*	42,86—42,55 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	40-метровый радиолюбительский
7,05—7,1 *Мгц*	42,55—42,25 *м*	То же телефоном	То же
7,1—7,44 *Мгц*	42,25—40,32 *м*	Радиовещание	41-метровый радиовещательный
8,4±0,1 *Мгц*	(35,3 *м*)	Стандартная несущая ПЧ радиовещательных приемников при приеме передач с ЧМ	
9,375—9,8 *Мгц*	32—30,82 *м*	Радиовещание	31-метровый радиовещательный
11,57—12,07 *Мгц*	25,93—24,86 *м*	То же	25-метровый радиовещательный
13,56 *Мгц*±1 %	(22,1 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	

Продолжение табл. 1-1

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
14,0—14,11 *Мгц*	21,43—21,26 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	20-метровый радиолюбительский
14,11—14,35 *Мгц*	21,26—20,91 *м*	То же телефоном и телеграфом	То же
14,9—15,6 *Мгц*	20,14—19,23 *м*	Радиовещание	19-метровый радиовещательный
17,25—18,25 *Мгц*	17,1—16,43 *м*	Радиовещание	16-метровый радиовещательный
Около 20 *Мгц*	Около 15 *м*	Передача сигналов с искусственных спутников Земли	
21,0—21,15 *Мгц*	14,3—14,13 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	14-метровый радиолюбительский
21,15—21,45 *Мгц*	14,13—13,99 *м*	То же телефоном и телеграфом	То же
27,12 *Мгц*±1 %	(11 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	
27,75 *Мгц*	(10,8 *м*)	Несущая ПЧ канала звукового сопровождения в телевизорах	
28,0—29,7 *Мгц*	10,71—10,1 *м*	Радиолюбительская связь телеграфом	10-метровый радиолюбительский
28,2—28,4 *Мгц*	10,64—10,55 *м*	То же телефоном с зарубежными радиолюбителями	То же
28,4—28,7 *Мгц*	10,55—10,45 *м*	То же с одной боковой полосой частот (SSB)	То же
31,5 *Мгц*	(9,52 *м*)	Несущая ПЧ звукового сопровождения в телевизорах нового типа	
34—46 *Мгц*	8,82—6,51 *м*	Связь на железнодорожном транспорте, в сельском хозяйстве, в экспедициях	
34,25 *Мгц*	(8,76 *м*)	Несущая ПЧ канала изображения в телевизорах	
38 *Мгц*	(7,8 *м*)	То же (в телевизорах нового типа)	
40,68 *Мгц*±2 %	(7,35 *м*)	Промышленные и медицинские ВЧ установки	

Продолжение табл. 1-1

Частоты	Длины волн	Применение	Название диапазона
48,0—100 *Мгц*	6,25—3,0 *м*	Телевидение	Телевизионный (первый — пятый каналы)
65,8—73,0 *Мгц*	4,56—4,11 *м*	Радиовещание с ЧМ	Ультракоротковолновый радиовещательный
81,36 *Мгц*±1 %	(3,68 *м*)	Промышленные ВЧ установки	
100—130 *Мгц*	3,0—2,33 *м*	Связь в различных отраслях народного хозяйства Союза ССР	
136—138 *Мгц* 143,6—143,65 *Мгц*	2,26—2,24 *м* 2,12 *м*	Передача сигналов с искусственных спутников Земли	
144—146 *Мгц*	2,08—2,05 *м*	Радиолюбительская связь телефоном и телеграфом	2-метровый радиолюбительский
150,25—154 *Мгц*	1,99—1,95 *м*	Связь на железнодорожном транспорте	
174—230 *Мгц*	1,72—1,30 *м*	Телевидение	Телевизионный (шестой — двенадцатый каналы)
430—440 *Мгц*	69,8—68,2 *см*	Радиолюбительская связь телеграфом и телефоном	70-сантиметровый радиолюбительский
1 600—2 000 *Мгц*	18,7—15 *см*	Радиорелейные линии связи	Ретрансляция телевизионных программ, телефонная связь
3 400—3 900 *Мгц*	8,8—7,7 *см*	То же	То же

Примечания: 1. Границы радиовещательных КВ диапазонов указаны ориентировочно.
2. Частоты, соответствующие различным телевизионным каналам, см. табл. 2-1 (стр. 61).

тока ВЧ в антенне. Когда ток микрофона имеет одно направление и увеличивается (мы имеем в виду наиболее распространенный электродинамический микрофон — см. § 29-9), амплитуды тока в антенне также увеличиваются (рис. 1-2); соответственно увеличивается и энергия излучаемого антенной электромагнитного поля. При уменьшении тока микрофона и изменении его направления в дальнейшем амплитуды тока НЧ в антенне и энергия излучаемого ею электромагнитного поля уменьшаются. При этом изменения амплитуд тока в антенне и излучаемой энергии в точности следуют

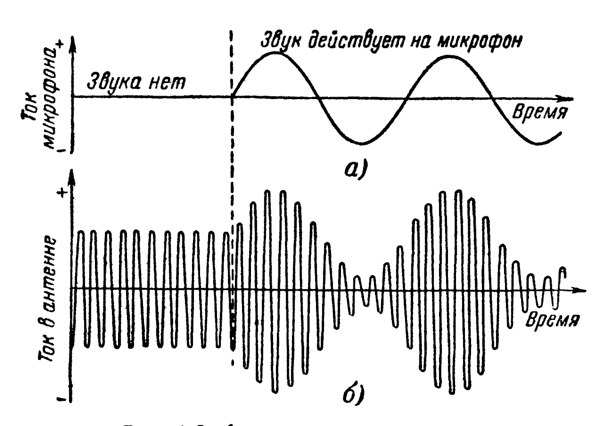


Рис. 1-2. Амплитудная модуляция.

а — модулирующий ток НЧ; *б* — модулированный ток ВЧ.

за изменениями тока НЧ, создаваемого микрофоном. Чем больше частота передаваемого звука и соответственно частота тока, поступающего от микрофона, тем с большей частотой изменяются амплитуды токов ВЧ в антенне.

Этот процесс изменения амплитуды токов ВЧ носит название амплитудной модуляции. Изменяющиеся по амплитуде токи ВЧ называют амплитудно-модулированными токами, а вызывающие модуляцию токи НЧ — модулирующими.

Глубина модуляции. Чем громче звук перед микрофоном, тем больше амплитуды поступающих на передатчик токов НЧ, тем в больших пределах изменяются амплитуды токов ВЧ в антенне, или, как говорят, тем глубже модуляция. Глубину амплитудной модуляции выражают в процентах. Если, например, амплитуды токов ВЧ при модуляции увеличиваются и соответственно уменьшаются на 30% по сравнению с амплитудами токов ВЧ при отсутствии звуков перед микрофоном,— глубина модуляции 30%.

Боковые частоты. Модулированный ток ВЧ состоит из токов нескольких частот. Одна из них постоянна: ток этой частоты существует в антенне независимо от того, действует или не действует звук на микрофон. Это несущая частота. При действии звука на микрофон в антенне появляются токи (колебания) боковых частот, бо́льших и меньших несущей частоты на число герц, со-

ответствующее модулирующей частоте. Чем больше модулирующая частота, тем больше отличаются боковые частоты от несущей. Частоты больше несущие называются верхними боковыми, а частоты меньше ее — нижними боковыми частотами. Так, например, если несущая частота передатчика 173 *кгц* и модулирующая 1 *кгц* (1 000 *гц*), то существуют токи двух боковых частот: 1) 173 *кгц*+1 *кгц*=174 *кгц* и 2) 173 *кгц* — 1 *кгц*=172 *кгц*.

Когда одновременно передаются колебания нескольких звуковых частот, то все эти колебания складываются с колебаниями несущей частоты и вычитаются из них.

Несущая и все боковые частоты образуют спектр передаваемых частот (рис 1-3). Интервал между наиболее высокой и наиболее низкой боковой частотой называется шириной спектра. Численно ширина спектра при амплитудной модуляции вдвое больше самой высокой модулирующей частоты.

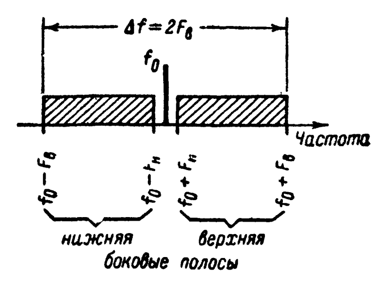


Рис. 1-3. Графическое изображение спектра частот радиотелефонной станции, работающей с амплитудной модуляцией.

f_0—несущая высокая частота; $F_н$ — самая низкая модулирующая частота; $F_в$— наиболее высокая из низких модулирующих частот; Δf — ширина спектра частот.

Вследствие того что в антенне радиотелефонной передающей станции существует спектр частот, антенна излучает несколько волн, различающихся по длине. Однако всегда указывают только несущую частоту радиостанции (или соответствующую ей длину волны), подразумевая существование боковых частот. Амплитуды колебаний боковых частот тем больше, чем глубже модуляция, однако они всегда меньше, чем амплитуда колебаний несущей частоты.

Пример. По радио передается музыкальная программа, занимающая полосу частот от 100 до 10 000 *гц*. При этом в антенне передатчика с несущей частотой 173 *кгц* получаются частоты:

1) верхние боковые: от 173 000 *гц*+10 000 *гц*=183 000 *гц*=183 *кгц* до 173 000 *гц*+100 *гц*=173 100 *гц*; 2) несущая 173 000 *гц*; 3) нижние боковые: от 173 000 *гц* — 100 *гц*=172 900 *гц* до 173 000 *гц*—10 000 *гц*=163 000 *гц*=163 *кгц*. Ширина спектра 183—163=20 *кгц*.

Длины волн (частоты) распределяют между относительно близко расположенными радиостанциями так, чтобы частоты верхней боковой полосы одной станции не совпадали с частотами нижней боковой полосы другой станции. Иначе некоторые верхние боковые частоты одной радиостанции совпали бы с нижними боковыми частотами другой и при приеме передачи любой из них неизбежно прослушивалась бы передача другой станции; они создавали бы помехи друг другу.

Передача с одной боковой полосой частот. Некоторые радиостанции (не ведущие вещания) передают колебания только одной боковой полосы; колебания несущей частоты и другой боковой полосы в их антенны не поступают. Это сокращает вдвое спектр пе-

редаваемых частот и тем самым позволяет уменьшить интервалы между несущими частотами станций и увеличить их число в данном диапазоне.

Такой способ модуляции называют сокращенно SSB (первые буквы английских слов Single Side Band — одна боковая полоса).

Частотная модуляция. Этот способ модуляции (ЧМ) применяют в радиовещательных УКВ передатчиках и передатчиках звукового сопровождения телевизионных станций. Созданные микрофоном под действием на его звуковых волн токи НЧ, усиленные соответствующими усилителями, воздействуют на передатчик так, что из-

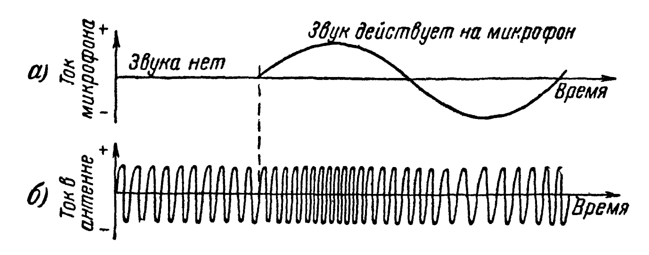


Рис. 1-4. Частотная модуляция.

а — модулирующий ток НЧ; *б* — модулированный ток ВЧ.

меняется частота вырабатываемых им колебаний ВЧ, амплитуда же токов ВЧ в антенне, а следовательно, и мощность их во время передачи не изменяются. Когда модулирующий ток имеет одно направление и увеличивается, частота тока в антенне также увеличивается (рис. 1-4). В момент амплитудного значения модулирующего тока получается наиболее высокая частота. Когда же модулирующий ток уменьшается, частота тока в антенне также уменьшается; она продолжает уменьшаться и после того, как модулирующий ток изменил свое направление и стал возрастать. В момент амплитудного значения модулирующего тока обратного направления в антенне получается ток наименьшей частоты. Дальше частота тока в антенне снова возрастает и весь описанный процесс повторяется. Пределы отклонения частоты тока в антенне ЧМ передатчика возрастают с увеличением амплитуды модулирующего тока, т. е. с усилением действующего на микрофон звука. При ЧМ несущей частотой называется средняя частота (частота тока в антенне в отсутствие модуляции), а отклонения частоты называются девиацией.

Радиовещательные УКВ станции, работающие с ЧМ, обеспечивают более высокое качество звуковоспроизведения при приеме, чем АМ станции. Однако ширина спектра частот УКВ—ЧМ станции больше, чем при АМ; она равна 150 *кгц*.

1-5. РАДИОПРИЕМ

Распространяющиеся в пространстве радиоволны, встречая на своем пути проводники, возбуждают в них токи ВЧ таких же частот, как и у токов в антенне передающей радиостанции. На этом основан прием радиопередач — радиоприем.

Приемная антенна. Для осуществления радиоприема нужна приемная антенна. В простейшем виде это расположенный на некоторой высоте над землей провод (подробее см. ч. 4). Применяют также магнитные антенны (см. § 4-1).

Возбужденные в антенне радиоволнами токи ВЧ проходят через присоединенный к ней радиоприемник. Они значительно слабее, чем токи в антеннах передающих радиостанций: мощность их порядка микроватт. Когда ток ВЧ в антенне передатчика изменяется по амплитуде, вызывая соответственно изменения амплитуд излучаемого поля, радиоволны отдают приемной антенне то больше, то меньше энергии. В результате в ней возникает модулированный ток ВЧ, амплитуда которого изменяется с частотой и амплитудой звука, действующего на микрофон; в приемной антенне получаются токи с несущей и боковыми частотами. Соответственно при ЧМ частота тока ВЧ в приемной антенне изменяется так же, как в антенне радиовещательной станции.

Необходимость усиления при приеме. Так как получаемая приемником от антенны энергия очень мала, приемник с громкоговорителем должен содержать усилители (см. ч. 2). Без них можно вести прием только на головные телефоны ДВ и СВ станций, удаленных не более чем на несколько сотен километров.

Детектор. В радиоприемнике необходим детектор — устройство, преобразующее модулированные токи ВЧ в токи НЧ таких же частот, как и создаваемые микрофоном при радиопередаче (см. разд. 7). Для приема радиостанции с АМ нужен амплитудный детектор, а для приема радиостанции с ЧМ — частотный детектор.

Настройка приемника. Во всяком радиоприемнике имеется один или несколько резонансных контуров, с помощью которых осуществляется настройка его на желательную станцию. Сущность настройки заключается в том, что емкость конденсаторов или индуктивность катушек контуров изменяют так, чтобы их собственные частоты сделались равными несущей частоте радиостанции, передачу которой хотят слушать. При этом резонансные контуры из колебаний всех принятых антенной частот выделяют только колебания с частотами одной станции, ослабляя колебания других частот. Можно добиться, чтобы была слышна передача только одной станции, на которую эти контуры настроены, или, как говорят, получить прием без помех со стороны других станций.

1-6. СИГНАЛЫ И КАНАЛЫ

Сигналами называют различные процессы, несущие в себе какую-либо информацию (сообщения).

В радиотехнике и вообще в технике связи понятия «электрический сигнал» и «радиосигнал» имеют очень широкое применение, приобретая в различных случаях разные конкретные значения.

«Информация». Это слово надо понимать в очень широком смысле. Сигнал проверки времени, передаваемый по радио, — это информация о том, который пошел час. Передача по радио последних известий — это информация о событиях в нашей стране, за рубежом, в космосе. Передача со стадиона — это информация о ходе игры в футбол, хоккей. Передачу концерта по радио тоже можно

назвать информацией в том смысле, что радиослушатели, слушая игру на музыкальных инструментах, пение или речь, узнают, что в радиостудии, концертном зале выступают оркестр, хор, солисты.

Виды сигналов. При помощи микрофонов информация приобретает форму электрического сигнала. Этот «первичный» низкочастотный сигнал усиливается и по проводам направляется на радиопередающую станцию, где он модулирует колебания ВЧ. В результате получается высокочастотный сигнал. Он поступает в антенну, а она излучает радиосигнал, который и несет информацию радиослушателям.

Прием информации. Энергию электрических сигналов и радиосигналов при помощи тех или иных приборов можно превратить в виды энергии, способные непосредственно воздействовать на наши органы чувств. В этом заключается прием сигналов, информации. Так, принятые антенной приемника радиосигналы преобразуются его детектором в низкочастотные сигналы, аналогичные первичным сигналам, получаемым от микрофона. Низкочастотные сигналы после усиления превращаются громкоговорителем в звуковые сигналы: речь, музыку, шум и т. п.

Сигналы телевизионной станции, принятые антенной телевизора, после ряда преобразований в последнем превращаются в световые сигналы, видимые на экране кинескопа. Из этих сигналов слагается телевизионное изображение (см. следующий раздел Справочника).

Канал передачи. Совокупность всех устройств, с помощью которых осуществляются передача и прием информации, называется каналом передачи или каналом связи. При радиотелефонной передаче в канал связи входят пространство между антенной передатчика и приемника, вся усилительная, передающая и приемная аппаратура, начиная с микрофона и кончая громкоговорителем, провода от микрофона до передатчика.

Если при помощи одних и тех же устройств осуществляется передача одновременно нескольких информаций (например, телефонных разговоров), такая система передачи называется многоканальной.

Частотный канал. Так называют полосу (спектр) частот, отведенных для осуществления передачи сигнала, например для передачи радиовещательной или телевизионной программы. Иначе говоря, в частотный канал входят все частоты, заключенные в интервале между двумя определенными (граничными) частотами.

1-7. ДЕЦИБЕЛЫ

Выражение усиления и ослабления сигналов в децибелах. Децибел (*дб*) — логарифмическая единица, применяемая для количественной оценки изменения уровня, т. е. величины сигнала в различных частях каналов передачи. В децибелах оценивают также разницу в громкости звука (см. § 27-1).

В децибелах выражают усиление электрических сигналов в усилителе — отношение уровня сигнала, получаемого от усилителя (уровня на его выходе), к уровню подводимого к нему сигнала (уровню на его входе). В децибелах принято также выражать отношения напряжений или мощностей колебаний различных частот

на выходе усилителя (приемника) для условия, когда ко входу этого устройства подведены при всех этих частотах мощности или напряжения с одинаковым уровнем; при этом отношение уровней колебаний различных частот на выходе характеризует частотные искажения — показывает, в какой степени колебания одних частот усиливаются хуже или лучше по сравнению с колебаниями других частот (см. § 3-3).

Уровни электрических сигналов, создаваемых данным источником или получаемых данным потребителем (либо другим потребителем, обладающим таким же сопротивлением), различаются на 1 *дб*, если напряжение одного из сигналов в 1,12 раза больше или меньше напряжения другого сигнала; на 1 *дб* различаются также сигналы по уровню мощности, если мощность колебаний одного из них в 1,26 раза больше или меньше мощности колебаний другого сигнала.

Уровни громкости звука различаются на 1 *дб*, когда эффективная величина звукового давления, создаваемого одним из них, в 1,12 раза больше или меньше эффективного звукового давления другого.

Пользование децибелами для оценки ощущения изменения громкости звука или уровня электрического сигнала удобно потому, что на средних звуковых частотах ухо замечает увеличение или уменьшение громкости, когда оно составляет примерно 1 *дб*.

Если сравнивают мощности P_1 и P_2 или напряжения U_1 и U_2 (действующие значения), разницу между их уровнями в децибелах можно определить по формулам:

$$S = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}; \qquad (1\text{-}3)$$

$$S = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}. \qquad (1\text{-}4)$$

или по табл. 1-2.

Если P_1 и U_1 — соответственно мощность и напряжение на входе усилителя, а P_2 и U_2 — мощность и напряжение на его выходе, S выражает соответственно усиление в децибелах по мощности или напряжению.

Когда P_2 меньше P_1 или U_2 меньше U_1, величина, получаемая из формулы (1-3) или (1-4), имеет отрицательный знак, что и говорит о том, что имеет место ослабление сигнала.

Разницу в громкости звука определяют по формуле

$$S = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}, \qquad (1\text{-}5)$$

где P_1 и P_2 — средние звуковые давления.

Эта формула выражает, что ощущение громкости звука пропорционально логарифму сравниваемых звуковых давлений.

Уровни сигнала в децибелах. Децибелы удобны также для измерения абсолютных величин электрических сигналов. При этом принят условный нулевой уровень сигнала, соответствующий мощности $P=1$ *мвт* (0,001 *вт*), выделяемой на нагрузке, представляющей собой активное сопротивление $r=600$ *ом* (подобно тому как при из-

Таблица 1-2

Пересчет отношений электрических напряжений, мощностей и звуковых давлений в децибелы

Децибелы	Отношение напряжений или звуковых давлений	Отношение мощностей	Децибелы	Отношение напряжений или звуковых давлений	Отношение мощностей
0	1,00	1,0	14	5,0	25,0
1	1,12	1,26	16	6,3	40
2	1,26	1,6	18	7,9	63
3	1,41	2,0	20	10	100
4	1,6	2,5	30	32	1 000
5	1,8	3,2	40	100	10 000
6	2,0	4,0	50	320	100 000
7	2,2	5,0	60	1 000	1 млн.
8	2,5	6,3	70	3 200	10 млн.
9	2,8	8,0	80	10 000	100 млн.
10	3,2	10	90	32 000	1 млрд.
12	4,0	16	100	100 000	10 млрд.

Примечание. Для величин более 3 *дб* отношения даны округленно.

мерении температуры за нуль градусов принята температура таяния льда при нормальном атмосферном давлении).

При такой мощности на указанной нагрузке получается напряжение (действующее значение)

$$U = \sqrt{Pr} = \sqrt{0,001 \cdot 600} = 0,775 \text{ в}.$$

Величина 0,775 *в* принята за нулевой уровень электрического напряжения. Ею пользуются и в случаях, когда сопротивление нагрузки (потребителя) отличается от величины 600 *ом*.

Для определения уровня мощности сигнала в децибелах применяют формулу

$$\left.\begin{array}{l} S = 10 \lg \dfrac{P}{0,001}, \\ \text{или} \\ S = 10 \lg 1\,000P, \end{array}\right\} \quad (1\text{-}6)$$

где P — в ваттах, а для определения уровня напряжения в децибелах можно воспользоваться табл. 1-3 или формулой

$$S = 20 \lg \frac{U}{0,775}, \quad (1\text{-}7)$$

где U — напряжение сигнала (действующее значение), *в*.

Если в цепи выделяется мощность больше 1 *мвт* или напряжение больше 0,775 *в*, — уровни положительные, когда же мощность

Таблица 1-3

Уровни напряжения в децибелах

Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*	Напряжение, *в*	Уровень, *дб*
0,001	—58	0,08	—20	5	16	45	35
0,002	—52	0,09	—19	6	18	50	36
0,003	—48	0,1	—18	7	19	60	38
0,004	—46	0,2	—12	8	20	70	39
0,005	—44	0,3	—8,2	9	21	80	40
0,006	—42	0,4	—5,8	10	22	90	41
0,007	—41	0,5	—3,3	12	24	100	42
0,008	—40	0,6	—2,2	14	25	120	44
0,009	—39	0,7	—0,88	16	26	140	45
0,01	—38	0,775	0	18	27	160	46
0,02	—32	0,8	0,26	20	28	180	47
0,03	—28	0,9	1,3	25	30	200	48
0,04	—26	1	2,3	30	32	220	49
0,05	—24	2	8,2	35	33	240	50
0,06	—22	3	12	40	34		
0,07	—21	4	14				

или напряжение меньше указанных величин, — уровни отрицательные.

В цепи, сопротивление которой не равно 600 *ом*, уровень напряжения не равен уровню мощности в децибелах.

За нулевой уровень громкости звука принимают порог чувствительности уха 0,00002 *н/м*^{2} при частоте звуковых колебаний 1 000 *гц* (см. § 27-1).

1-8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Радиоволны по своим физическим свойствам при распространении в атмосфере Земли и в космическом пространстве подобны волнам света. Для тех и других волн существуют физические среды и тела «прозрачные», через которые они свободно проникают, и «непрозрачные», задерживающие распространение их, поглощающие их. При этом многие непрозрачные для света тела прозрачны для радиоволн, и наоборот. Например, сантиметровые и все более длинные радиоволны проходят сквозь облака и туман так же свободно, как свет сквозь прозрачный воздух и чистое стекло. Вместе с тем совершенно прозрачные для света верхние слои земной атмосферы зачастую представляют непреодолимое препятствие для радиоволн.

Приводим пояснение важнейших понятий, которые нужно знать, чтобы разбираться в вопросах распространения радиоволн.

Тропосфера — нижняя часть атмосферы, простирающаяся до высоты 10—12 *км* от уровня моря в широтах с умеренным климатом

и до 16—18 *км* над экваториальными районами Земли. В тропосфере происходят все явления, создающие погоду.

Стратосфера — область выше тропосферы, простирающаяся до высоты 60—100 *км*; она характеризуется почти полным отсутствием водяных паров.

Ионосфера — область атмосферы, расположенная выше стратосферы и играющая весьма существенную роль в распространении радиоволн. Она отличается от расположенных ниже слоев атмосферы тем, что обладает значительно лучшей электропроводностью. Последняя имеет место вследствие наличия в ионосфере огромного количества электрически заряженных частиц — свободных электронов и ионов, возникающих в результате ионизации (расщепления) электрически нейтральных молекул газов под действием солнечного света (главным образом ультрафиолетового и корпускулярного излучения Солнца), космических лучей и сгорания метеоров, которые непрерывно проникают в атмосферу Земли из космического пространства (за сутки — десятки миллиардов метеорных частиц).

Начиная от нижней границы ионосферы и до высоты примерно 300 *км* количество свободных электронов и ионов в единице объема, или, как говорят, с т е п е н ь и о н и з а ц и и, постепенно, но неравномерно увеличивается — всего в среднем в 10—15 раз, а затем начинает уменьшаться: на высотах от 300 до 500 *км* она снижается примерно в 2 раза.

С изменением освещенности земной атмосферы Солнцем в разное время года и суток степень ионизации на разных высотах изменяется. В верхней части ионосферы она возрастает в периоды высокой солнечной активности (увеличение числа пятен на Солнце, повторяющееся с периодом около 11 лет). Степень ионизации увеличивается также в часы, когда Земля пересекает эллиптические орбиты, по которым вращаются вокруг Солнца рои метеорных тел (ежегодно в январе, апреле, августе, октябре, ноябре и декабре). При этом увеличивается количество метеоров, проникающих в атмосферу Земли.

Ионосферу принято условно разделять по высоте на слои, различающиеся степенью ионизации и по-разному влияющие на распространение радиоволн различных диапазонов. Над поверхностями суши и морей всего земного шара простираются следующие сплошные, непрерывные ионосферные слои.

С л о й D — самый нижний слой ионосферы, его высота 60—90 *км*. Существует он только в дневное время. Ночью, когда действие на земную атмосферу излучений Солнца ослабевает, этот слой исчезает, т. е. нижняя граница ионосферы повышается.

С л о й E — расположен на высоте 90—140 *км*. В области этого слоя находится нижняя граница полярных сияний, которые являются следствием ионизации земной атмосферы.

С л о й F_1 — наблюдается только в дневное время. Его высота 180—220 *км*.

С л о й F_2 — имеет высоту, изменяющуюся в пределах 200—400 *км*.

От последних слоев в основном зависят дальняя связь и радиовещание на коротких волнах.

С п о р а д и ч е с к и е с л о и. В ионосферных слоях E и F_2 нерегулярно время от времени возникают «неровности» и облакообразные образования, степень концентрации электронов в которых отли-

чается от средних величин ее в этих слоях. Эти отклонения называют спорадическими слоями E и F_2. Они могут иметь различную форму и характер: от небольших «островков» до областей, простирающихся на многие сотни километров.

Слой G — возникает нерегулярно от случая к случаю выше слоя F_2. Пока слой G изучен очень мало.

Геометрическая прямая видимость — условие, когда между антеннами передатчика и радиоприемника можно мысленно провести прямую линию, не пересекающуюся с выпуклостью земного шара, горами, возвышенностями, лесами или другими препятствиями, поглощающими энергию радиоволн.

Отражение радиоволн — свойство радиоволн резко изменять направление (траекторию) распространения при встрече с препятствием или средой с электрическими свойствами, резко отличающимися от свойств среды первоначального распространения. Отражать радиоволны может, например, самолет, поверхность моря, поверхность земли, ионосфера и т. п.

Рассеяние радиоволн — беспорядочное измерение направления распространения их. В тропосфере наблюдается рассеяние радиоволн, вызываемое восходящими и нисходящими потоками воздуха вследствие неравномерного разогрева его. Эти потоки образуют при движении так называемые вихревые неоднородности, сущность которых заключается в том, что величины давления, температуры и влажности воздуха несколько отличаются от соответствующих величин в соседних участках тропосферы. Вихревые неоднородности всегда существуют в тропосфере и играют существенную роль при распространении УКВ.

Преломление (рефракция) радиоволн — искривление направления распространения их при переходе из одной среды в другую, отличающуюся от первой электрическими свойствами (явление, аналогичное преломлению световых лучей при переходе их из среды с одними оптическими свойствами в среду с другими оптическими свойствами, например из воздуха в воду). В тропосфере степень рефракции радиоволн изменяется в зависимости от метеорологических условий.

Дифракция радиоволн — способность их огибать кривизну земного шара, горы и другие препятствия, встречающиеся на пути распространения их. Причина этого явления заключается в следующем: радиоволны возбуждают токи ВЧ на поверхности препятствия, обладающего электропроводностью; эти токи в свою очередь вызывают излучение радиоволн поверхностью (подобное излучению антенны); «вторичные» радиоволны возбуждают точки ВЧ в соседних участках препятствия и т. д. В результате такого многократного возбуждения токов ВЧ и излучения радиоволн энергия их проникает в области пространства, находящиеся за пределами прямой видимости антенны передающей радиостанции и в этих областях становится возможным прием сигналов этой станции.

Явление дифракции наиболее сильно выражено при распространении длинных и средних волн.

Поглощение радиоволн — поглощение их энергии средой, которая в той или иной степени является проводником электрического тока. На создание электрических токов в такой среде затрачивается часть энергии радиоволн. Степень поглощения зависит от электрических свойств среды (в частности, от концентрации электронов в

ионосфере) и увеличивается при уменьшении длины волны. Для радиоволн, распространяющихся над поверхностью Земли, главную роль играет поглощение их в земле.

Поверхностный луч (поверхностная волна, прямой луч, земной луч) — энергия электромагнитного поля радиоволн, излучаемая антенной передающей радиостанции и распространяющаяся непосредственно над земной поверхностью (над морем).

Пространственный луч (пространственная волна, небесный луч) — энергия электромагнитного поля радиоволн, распространяющаяся в верхних слоях атмосферы и поступающая на Землю в результате отражения от ионосферы или преломления в ней. Луч, пришедший к Земле из ионосферы, называют о т р а ж е н н ы м.

Замирания сигналов (фединги) — относительно кратковременные ослабления слышимости радиостанций, иногда до полного исчезновения ее. Это явление наблюдается преимущественно при приеме на КВ и в нижней части СВ диапазона. Одна из его причин — кратковременные изменения условий распространения радиоволн в ионосфере, приводящие к нарушению пути пространственного луча. Замирания могут быть вызваны также тем, что в некоторые моменты времени радиоволны, пришедшие от одной и той же передающей радиостанции различными путями (например, поверхностная и пространственная волны), возбуждают в приемной антенне колебания ВЧ в противоположной фазе, т. е. колебания, ослабляющие или полностью уничтожающие друг друга.

Распространение волн ДВ и СВ радиовещательных станций. Дальность приема таких станций зависит главным образом от их мощностей. Чем больше мощность радиостанции, т. е. чем бо́льшую энергию, несут ее радиоволны, тем на бо́льших расстояниях можно слушать ее передачи. Для обеспечения хорошего качества приема на возможно бо́льших расстояниях СВ и ДВ радиовещательные станции применяют передатчики мощностью в сотни и даже тысячи киловатт. Поверхностные лучи этих станций, распространяясь над земной поверхностью, вследствие явления дифракции следуют за ее кривизной и способны огибать встречающиеся на пути препятствия: горы, возвышенности, леса и т. п. Однако на своем пути эти радиоволны одновременно сильно поглощаются земной поверхностью.

В то же время пространственные лучи СВ и ДВ радиовещательных станций, в дневное время поглощаются нижней частью ионосферы (слоями D и E) и поэтому в процессе передачи не участвуют. В результате этого, а также сильного поглощения поверхностью Земли *дальность действия даже наиболее мощных радиовещательных ДВ и СВ станций в дневное время ограничивается расстоянием в несколько сотен километров.* Над морем поглощение радиоволн меньше, и радиовещательные станции, работающие на длинных и средних волнах, слышны на больших расстояниях.

С наступлением темноты, когда ионосферный слой D исчезает, пространственные лучи этих передающих радиостанций преломляются и отражаются слоями E и F_1 ионосферы, испытывая здесь малые потери, и могут возвратиться к земной поверхности на больших расстояниях от передающей станции, куда энергия поверхностного луча в дневное время не доходит или где она очень мала. Вследствие этого *в вечерние и в ночные часы прием ДВ и СВ радиовещательных станций улучшается* в тех местностях, где они днем слышны слабо, а также становится возможным прием этих станций в мест-

ностях, где в дневное время передачи их вовсе не слышны. Практически *дальность приема увеличивается до 1 500—2 000 км и более.* Однако в летнее время качество приема ДВ и СВ радиовещательных станций на больших расстояниях ухудшается вследствие усиления в это время атмосферных помех (см. § 1-9).

В местностях, где приемных антенн достигают одновременно поверхностные и пространственные лучи, наблюдаются замирания принимаемых сигналов.

Распространение коротких волн. Передача КВ радиостанции даже очень малой мощности (несколько ватт) может быть услыша-

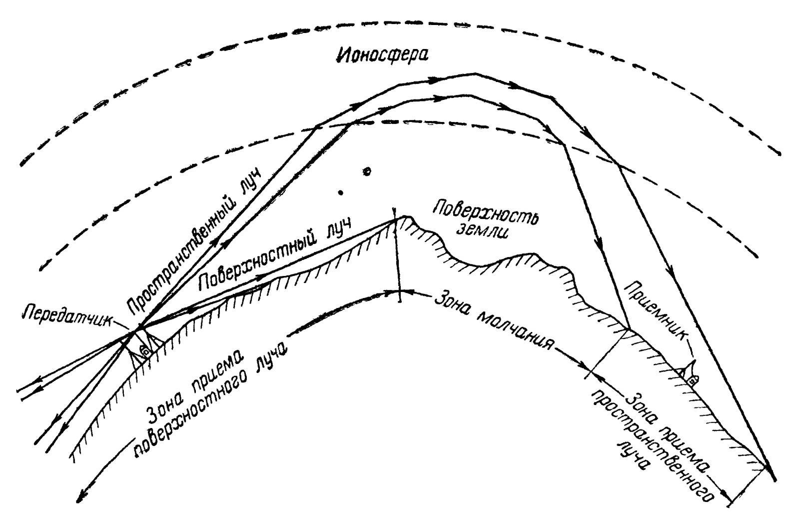


Рис. 1-5. Распространение поверхностных и пространственных радиоволн.

на на расстоянии в несколько тысяч километров, но не всегда слышна на близких расстояниях. Это объясняется тем, что дифракция поверхностного луча КВ радиостанции незначительна, а энергия его очень сильно поглощается земной поверхностью и поэтому может быть обнаружена с помощью радиоприемника лишь на небольших расстояниях от передающей радиостанции (рис. 1-5). В то же время пространственный луч испытывает преломление и отражение в ионосфере с малым поглощением, возвращаясь из нее к земной поверхности зачастую на большом расстоянии от передатчика. В тех местах, где пространственный луч достигает земли, передачи КВ станции можно принять. Основную роль при этом играют ионосферные слои F_1 и F_2. В других же областях, ближе расположенных к передающей КВ станции, передача ее не слышна, так как сюда энергия радиоволн из ионосферы не попадает. Эти области называют з о н а м и м о л ч а н и я (мертвыми зонами).

Вследствие изменений, происходящих в ионосфере при смене времен суток и года, размеры зон молчания для КВ различной дли-

ны изменяются. Так, передачи радиостанции, работающей, например, на волне 19 *м*, могут быть хорошо слышны в некоторых местностях только днем. Вместе с тем передачи другой станции, расположенной рядом с первой, но работающей на волне 41 *м*, в тех же местностях хорошо слышны только вечером и ночью; в других же местностях эта станция хорошо слышна в дневное время.

Поэтому радиовещательные передачи из Москвы и других культурных центров ведутся на волнах различной длины. Этим обеспечивается в любое время суток и года надежный прием радиовещания по всему Советскому Союзу.

Распространение ультракоротких волн. На первых этапах своего развития УКВ связь ввиду значительного сходства распространения ультракоротких волн со световыми лучами была причислена к системам связи местного значения с радиусом действия, равным дальности прямой видимости. Но с внедрением УКВ и в особенности в радиолюбительскую связь скоро выявились случаи дальних, а затем и сверхдальних радиосвязей. Это стимулировало радиолюбителей ко все более глубокому экспериментированию на новом, еще не исследованном поприще, чтобы, во-первых, выявить основные закономерности в распространении УКВ и, во-вторых, накопить опыт по конструированию более совершенной передающей и приемной аппаратуры, а также антенных устройств.

Существуют следующие основные разновидности распространения УКВ: 1 — тропосферное преломление; 2 — тропосферное рассеяние; 3 — ионосферное рассеяние; 4 — ионосферное отражение и преломление, в том числе отражение от полярного (северного) сияния в северных широтах.

Первые три вида распространения УКВ при использовании мощных передатчиков и сложных антенн более постоянны и обеспечивают большую надежность связи даже на сравнительно больших расстояниях.

Однако при совпадении благоприятных условий возможны связи через ионосферу при малых мощностях передатчиков и со сравнительно простыми антеннами Этот вид распространения представляет особый интерес для радиолюбителей, поскольку он еще недостаточно изучен Настойчивая исследовательская работа радиолюбителей-ультракоротковолновиков может дать здесь ценный вклад в развитие науки.

Тропосферное преломление и «сверхпреломление». В нормальных условиях температура тропосферы понижается в среднем по 7° С на 1 *км* высоты (градиент понижения температуры), доходя до —50° С на верхней границе тропосферы. Примерно по такому же закону в «спокойной» тропосфере убывает и содержание влаги. В этих условиях УКВ испытывают относительно небольшое преломление (рефракция) и дальность распространения поверхностного луча увеличивается относительно мало по сравнению с расстоянием прямой геометрической видимости. Вследствие преломления в тропосфере регулярный прием передач радиовещательных УКВ станций и телевизионных центров возможен в радиусе несколько более 100 *км*.

В результате движения воздушных масс градиент понижения температуры с увеличением высоты может оказаться меньшим по сравнению со средним его значением. Это приводит к увеличению дальности распространения поверхностного луча.

При некоторых условиях теплые массы воздуха могут оказаться над более холодными. Это явление, называемое температурной инверсией, вызывает значительное увеличение дальности распространения поверхностного луча. Если температура повышается примерно по 9° С на каждые 100 *м* высоты, то возникает сверхпреломление УКВ, при наличии которого они будут распространяться над поверхностью Земли с исключительно малыми потерями на расстояния, доходящие до 500 и даже 1 000 *км*.

Однако такие случаи наблюдаются очень редко, обычно в жаркое время года после захода Солнца, особенно в береговой зоне. Это объясняется тем, что в этих условиях нижние слои воздуха охлаждаются раньше, чем верхние, которые еще освещены Солнцем. В этих условиях, кроме того, наблюдается движение масс холодного и влажного воздуха с моря на суше, создающие благоприятные условия для образования сверхпреломления. Подобные же случаи дальнего распространения УКВ наблюдаются в жаркое время года по утрам при восходе Солнца, когда верхние слои воздуха уже успели нагреться и температура их повысилась раньше температуры нижних слоев воздуха.

Наблюдаются также случаи дальнего и сверхдальнего распространения УКВ при резком уменьшении влажности воздуха с высотой, чаще всего совмещенном с температурной инверсией. Такое явление происходит преимущественно весной и ранней осенью (редко зимой) в прибрежных зонах при образовании густых низких туманов. При этом УКВ распространяются на расстояния до 300 *км* и больше с исключительно малыми потерями энергии.

Благоприятно сказываются на распространении УКВ медленно движущиеся в жаркое время года обширные антициклоны. Сверхдальние связи можно осуществить вдоль переднего фронта антициклона, т. е. в полосе между двумя соседними изобарами. Когда установившиеся антициклоны охватывают большие пространства, можно с большой уверенностью предсказать, что в пределах такого «купола» высокого атмосферного давления возможен сверхдальний прием на УКВ. Дальность распространения поверхностных лучей на 10-метровом диапазоне больше, чем более коротких волн.

Тропосферное рассеяние. Сравнительно недавно, когда в диапазонах УКВ начали применять мощные передатчики, чувствительные приемники и сложные направленные передающие и приемные антенны, выяснилось, что с их помощью можно осуществлять надежную радиосвязь на расстояниях свыше 2 000 *км*. Характерной особенностью сигналов при такой связи является то, что уровень их сохраняется при приеме сравнительно постоянным, несмотря на изменения состояния погоды, времени суток, времени года и солнечной активности. Распространение УКВ на такие расстояния объясняется беспорядочным движением восходящих и нисходящих потоков воздуха, существующих всегда из-за установления предельно низкой температуры в верхней части тропосферы. Поступающая в эту среду энергия УКВ частично рассеивается по всем направлениям, в том числе и обратно к поверхности Земли. Вследствие этого становится возможным прием сигналов далеко за пределами прямой видимости, аналогично тому как ночью зарево рассеянного света города видно далеко за оптическим горизонтом.

Максимальная дальность связи за счет тропосферного рассеяния на волне 3 *м* (частота 100 *Мгц*) — в среднем до 800 *км*, а на

волне длиной 30 *см* (частота 1 000 *Мгц*) — примерно до 600 *км*. Эти данные являются средними и могут изменяться с изменением погоды, времени суток и т. п.

При приеме сигналов за счет тропосферного рассеяния наблюдаются кратковременные замирания, возникающие вследствие распространения рассеивающихся волн по разным траекториям; замирания усиливаются как с уменьшением длины волны, так и с удалением от передатчика. Наблюдаются также длительные прекращения приема сигналов, вызываемые изменениями условий преломления в зависимости от суточного изменения температуры и влаги вдоль траектории радиолуча (они могут длиться часами, а также сутками).

Ионосферное рассеяние. Рассеивающая среда для УКВ сосредоточена в ионосфере под слоем Е. В отличие от тропосферного рассеяния распространение за счет ионосферного рассеяния имеет место в более ограниченном диапазоне частот. Сигналы с частотами примерно выше 100 *Мгц* (волны короче 3 *м*) претерпевают чересчур большие потери при распространении. С уменьшением частоты потери довольно быстро понижаются.

Максимальная дальность распространения составляет примерно 2 000 *км*. Она несколько увеличивается при благоприятных условиях местности, например в горах, когда передающая или приемная антенна или обе одновременно устанавливаются на высоте нескольких сотен или тысяч метров над уровнем моря.

При ионосферном рассеянии наблюдаются подобно тропосферному рассеянию также замирания сигнала, но «глубина» их несколько меньше, а значит, связь более устойчива. При этом наблюдается циклическое увеличение силы принимаемого сигнала с 6 *ч* утра, которое достигает максимума в полдень. Ослабление сигнала начинается с 18 *ч* по местному времени. Такое циклическое изменение силы принимаемого сигнала объясняется суточным изменением количества вторгнувшихся в нашу атмосферу метеоров. Дело в том, что в 6 *ч* утра относительная скорость движения данной точки места на Земле достигает максимума, если учитывать как скорость вращения Земли вокруг ее оси, так и вокруг Солнца; значит, и количество поступающих из пространства метеоров за единицу времени тогда максимально. Через 12 *ч*, в 18 *ч*, относительная скорость точки места становится наименьшей, чему соответствует минимальная степень ионизации среды.

В значительной степени наблюдается увеличение силы принимаемых сигналов, когда Земля пересекает орбиты, по которым движутся большие скопления метеоритов (см. стр. 44).

Ионосферное отражение и преломление. В нормальных условиях ионосфера является для УКВ «прозрачной». Однако в периоды солнечной активности, в особенности во время их максимумов, ионизация верхней части ионосферы (слой F_2) может сделаться настолько интенсивной, что она будет отражать радиоволны длиной до 6 *м* (50 *Мгц*), а иногда и до 3 *м* (100 *Мгц*), в том числе радиоволны телевизионных станций.

На основе наблюдений за увеличением числа солнечных пятен достаточно достоверно предсказывают возможность распространения радиоволн на большие расстояния, так как корпускулярное излучение достигает атмосферы Земли только через 26 *ч* после начала излучения, т. е. после появления пятен. В зимнее время по-

ступление корпускулярных излучений в атмосферу Земли сопровождается обычно северными сияниями.

Волны 10-метрового диапазона в периоды высокой солнечной активности преломляются в верхних слоях ионосферы так же, как и волны КВ диапазона (см. рис. 1-5).

Описанные выше условия повторяются в периоды максимумов солнечных пятен циклически в дневное время летом. Могут быть случаи усиления ионизации и в другое время, не совпадающее с регулярной активизацией солнечного действия, когда на диске Солнца появляется большое количество пятен.

В таких условиях на волнах 10-метрового диапазона можно устанавливать более или менее регулярные радиосвязи (преимущественно в направлении С—Ю) на расстоянии 4 000—10 000 *км* и даже больше. Однако такие дальние связи можно осуществлять, применяя сложные направленные антенны с малым углом излучения энергии в вертикальной плоскости. На более близких расстояниях наблюдаются зоны молчания. В периоды минимумов солнечной активности сверхдальние связи в 10-метровом диапазоне невозможны.

Другим видом ионосферного распространения является отражение от спорадического слоя Е. Это явление появляется преимущественно в летнее время, у нас — с мая до августа, причем степень ионизации достигает максимального значения в дневное время от 10 до 12 *ч*. Второй, меньший, «пик» ионизации наблюдается перед заходом Солнца. Это явление с изменениями солнечной активности мало связано. Его значимость в смысле установления УКВ связей увеличивается с приближением минимума солнечной активности. Эти «облака» обладают достаточной интенсивностью ионизации для отражения волн 10-метрового диапазона. Случаи связи за счет указанного явления на волнах длиной 4 *м* и менее (частоты 70—80 *Мгц*) наблюдались весьма редко. Самым подходящим временем для такого рода связей является полдень и самым благоприятным направлением С—Ю.

Отражение от полярного сияния. Радиолюбители-ультракоротковолновики северных районов используют для связи отражения УКВ от интенсивного северного сияния, которое наблюдается у нас ранней весной и осенью. Северные сияния вызываются ионизацией, возникающей в результате столкновения излучаемых Солнцем корпускулов (заряженных частиц) с атомами атмосферы Земли.

Интенсивность корпускулярного излучения увеличивается с повышением солнечной активности, особенно во время максимумов солнечных пятен. Заряженные корпускулы, поступая в нашу атмосферу, захватываются магнитным полем Земли и направляются вдоль его силовых линий к геомагнитному полюсу. Хотя видимый пояс северных сияний простирается иногда до высоты свыше 1 000 *км*, максимальная область ионизации корпускулами образуется на высоте около 100 *км* в районе слоя Е. Здесь ионизация может оказаться вполне достаточной для отражения волн длиной 2 *м* и более (частоты до 144 *Мгц*). УКВ связи с использованием отражения от северного сияния осуществимы преимущественно в направлении В — З. Наилучшее время суток для их установления — после захода солнца и около 2—3 *ч* ночи, когда ионизация сияния достигает максимума. Дальность связи при этом может доходить до 2 000 *км*.

При таких связях пользуются направленными антеннами как при передаче, так и при приеме, ориентируя их на северный геомагнитный полюс с небольшим отклонением к востоку или западу в направлении к корреспондирующей станции. Так как само северное сияние является только попутным явлением ионизации, его «полотна» не могут служить «мишенью» для ориентации направленных антенн.

1-9. ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ

Атмосферные помехи. В атмосфере Земли непрерывно происходят различные электрические процессы: электризация облаков, электрические (грозовые) разряды, в ее ионизированных слоях возникают электрические токи. Все эти явления создают электромагнитные поля. Распространяясь в пространстве и достигая приемных антенн, они возбуждают в антеннах токи различных частот, в результате чего в громкоговорителях (телефонах) приемников слышны трески — атмосферные помехи.

Грозовые разряды, происходящие в непосредственной близости от антенны, могут вызвать в ней очень большие токи, способные повредить приемник. Поэтому при приближении грозы всегда нужно отключать приемник от антенны и соединять последнюю с землей (см. § 22-14).

Атмосферные помехи различны по силе на волнах разной длины, в различных местностях, в различное время года и суток, при различной погоде. Они практически отсутствуют при приеме на КВ и УКВ. Устранение атмосферных помех радиоприему на длинных и средних волнах принципиально невозможно, а практически достигается лишь ослабление их.

Индустриальные помехи. Эти помехи, называемые также промышленными, проявляют себя как трески и шумы в громкоговорителях (телефонах) приемников. Их создают электродвигатели, киноустановки, телеграфные и другие аппараты электрической связи, медицинские и бытовые электроприборы, электросварочные аппараты, электрические звонки, системы электрического зажигания автомобилей, тракторов и т. п.

Индустриальные помехи возникают в электроустановках и электроприборах, если в них есть искрящие электрические контакты. Так, например, в громкоговорителе приемника часто слышны короткие щелчки в моменты включения и выключения электрических выключателей. Если имеется неплотный контакт между гнездами штепсельной розетки и вилкой настольной лампы, утюга или иного электрического прибора либо в самом приборе, то на расположенном вблизи приемнике будут приниматься трески, даже если искрение на контактах незаметно. Сильные помехи радиоприему создаются искрением коллекторов электродвигателей. Все эти искрения создают токи ВЧ.

Пути распространения помех. Возникающие в электрических установках токи ВЧ поступают в провода питающей их электросети. Если в нее включен приемник, то помехи могут проникнуть в него прямо по проводам. Таким путем помехи распространяются на несколько километров. Воздушные провода, в которых возникают токи помехи, служат излучающими антеннами и в окружающем их пространстве возникают электромагнитные волны. Они возбуждают в

приемных антеннах токи ВЧ, вызывая трески и шумы в громкоговорителях (телефонах) приемников. Таким путем создаются помехи приемникам и не присоединенным к электросети. Дальше всего распространяются помехи от электросварочных аппаратов.

При приеме на УКВ наблюдаются главным образом помехи от систем зажигания двигателей внутреннего сгорания.

Если приемная антенна расположена очень близко к воздушным проводам сети переменного тока, в телефонах (громкоговорителе) приемника может возникнуть непрерывный гул вследствие электромагнитной индукции переменного тока в антенном проводе — низкочастотная помеха.

Устранение индустриальных помех. Борьба с такими помехами радиоприему дает результаты, если подавлять их в месте возникновения: устранять искрение коллектора электродвигателя, плохие контакты в электроприборах и т. п. Помехи можно частично устранить помехозащитными фильтрами, преградив путь токам ВЧ из создающей их электроустановки в подключенные к ней провода. Простейшие фильтры — конденсаторы емкостью от десятков тысяч пикофарад и выше, включаемые между цепями электроприбора и его корпусом. Соединение последнего с землей способствует дальнейшему уменьшению помех. Такие конденсаторы обладают малым сопротивлением для токов ВЧ. Поэтому возникшие в электрическом устройстве токи ВЧ почти полностью проходят через конденсаторы и только небольшая часть их ответвляется в электросеть. Если основной ток электросети постоянный, он вообще не проходит через конденсаторы. Если же в электросети ток переменный с частотой 50 *гц*, то в конденсаторы проходит очень небольшой ток этой частоты, так как для него конденсаторы представляют значительное сопротивление.

Помехозащитные конденсаторы имеются в электрических пылесосах, полотерах и других бытовых электроприборах. Включение конденсаторов в радиоприемнике с питанием от электросети между подводящими ток проводами и землей также способствует уменьшению индустриальных помех радиоприему.

Индустриальные помехи можно ослабить, удалив приемную антенну от проводов электросети и расположив ее перпендикулярно этим проводам. Значительное ослабление таких помех дает применение антишумовой (см. § 21-7) или магнитной антенны (см. § 4-1 и 14-4).

Внутренние шумы приемников. Свободные электроны проводников находятся в непрерывном движении; при этом направления и скорости движения их в различные моменты времени различны. В результате этого явления в проводниках возникают слабые, непрерывно изменяющие свои величину и направление токи — шумовые или флуктуационные токи. Они создают между концами проводков небольшие флуктуационные (шумовые) напряжения.

Подобное же явление имеет место в полупроводниках, где в создании флуктуационных токов и напряжений принимают участие также беспорядочно возникающие свободные электроны и дырки (см. § 38-1).

В электронных лампах электроны вылетают из нагретых катодов (см. разд. 37) неравномерно: в разные промежутки времени вылетает различное число электронов. В многосеточных лампах ток эмиссии катода неравномерно распределяется во времени между ано-

дом и положительно заряженными сетками; когда на них попадает большее число электродов, анодный ток несколько уменьшается, а когда на них попадает меньшее число электронов, анодный ток несколько увеличивается. Все эти беспорядочные изменения анодного тока создают в цепях радиоприемников шумовые (флуктуационные) напряжения. Хотя они очень малы, но в радиоприемниках, содержащих усилители, они усиливаются и становятся слышными в громкоговорителях (телефонах). Чем больше усиление, тем сильнее шумы в громкоговорителе. Супергетеродинные приемники (см. § 3-3) «шумят» больше, чем приемники прямого усиления. Транзисторные приемники «шумят» больше, чем ламповые.

К числу собственных (внутренних) шумов приемников, питаемых от сети переменного тока, относится также фон переменного тока — непрерывный гул низкого тока в громкоговорителях, возникающий вследствие недостаточного сглаживания пульсаций фильтрами выпрямителей (см. разд. 32).

1-10. СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

Прием стереофонических вещательных программ УКВ ЧМ радиостанций на специальные приемники обеспечивает звуковоспроизведение передачи со «звуковой перспективой», т. е. радиослушатель

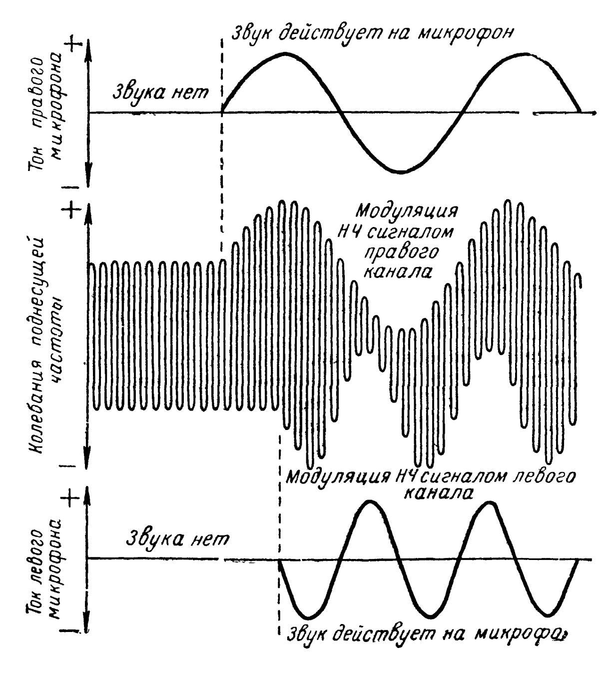


Рис. 1-6. Полярная модуляция.

различает направление прихода звуковых волн, ощущает перемещение источников звука в пространстве, как при слушании естественных источников звука (см. подробнее § 27-1).

Для получения «стереофонического эффекта» устанавливают не менее двух разнесенных друг от друга на некоторое расстояние микрофонов; в месте приема применяют не менее двух также разнесенных громкоговорителей, а между микрофонами и громкоговорителями создают два канала передачи.

Усиленные электрические сигналы НЧ от микрофонов модулируют по амплитуде колебания поднесущей (ультразвуковой) частоты 31,25 *кгц*, а последние осуществляют частотную модуляцию УКВ передатчика: при этом положительные полупериоды колебаний поднесущей частоты модулируются НЧ сигналом одного канала, а отрицательные полупериоды — сигналом другого канала. Такие колебания поднесущей частоты называют полярно модулированными (рис. 1-6).

В стереофоническом приемнике принятый и усиленный ЧМ сигнал преобразуется обычным частотным детектором в полярно модулированный сигнал. Последний после дополнительного усиления поступает на полярный (амплитудный) детектор, который детектирует и разделяет каналы. Полученные НЧ сигналы усиливаются двумя отдельными усилителями и поступают соответственно на громкоговорители (см. подробнее § 3-2, 7-6 и 27-5).

Прием стереофонических программ возможен также на обычные АМ—ЧМ приемники с УКВ диапазоном; при этом, конечно, стереофонического эффекта не будет.

1-11. РАДИОТРАНСЛЯЦИОННЫЕ УЗЛЫ

Если от радиоприемника протянуть к соседним домам провода и подключить к ним громкоговорители, то будет осуществлено п р о в о д н о е в е щ а н и е — комбинированный способ передачи радиопрограмм: передача от радиовещательной станции до приемника происходит по радио, а от приемника к удаленным от него громкоговорителям транслируется по проводам токами НЧ. Провода эти называют р а д и о т р а н с л я ц и о н н ы м и л и н и я м и, а громкоговорители — а б о н е н т с к и м и т о ч к а м и (радиоточками).

Приемник с подключенными к нему линиями и громкоговорителями будет простейшим р а д и о т р а н с л я ц и о н н ы м у з л о м (радиоузлом). Но приемник обладает относительно небольшой мощностью и от него может работать небольшое число громкоговорителей. Поэтому для радиофикации даже небольшого поселка к приемнику надо добавить усилитель НЧ. Применяя мощный усилитель, можно обслужить несколько тысяч и даже десятков тысяч абонентов (владельцев радиоточек).

Радиотрансляционный узел может транслировать абонентам не только принятые радиопередачи, но и вести местное вещание. Для этого к усилителю узла вместо приемника подключают микрофон. Он преобразует речь, пение или музыку в токи НЧ, которые после усиления передаются по радиотрансляционным линиям к радиоточкам, где вновь преобразуются в звук.

Местные передачи осуществляют также путем воспроизведения звукозаписи, для чего на узле имеется г р а м м о ф о н н о е у с т р о й с т в о со звукоснимателем или магнитофон (см. разд. 28 и 29).

Оборудование радиотрансляционного узла, служащее для приема радиовещания, передачи его в радиотрансляционные линии и местного вещания, составляет станцию радиоузла. Радиотрансляционные линии образуют радиотрансляционную сеть.

Радиоузлы Москвы, Ленинграда, Киева и некоторых других городов прииимают радиовещательные передачи не по радио, а непосредственно по проводам из радиовещательных узлов (радиодомов). Это дает возможность абонентам радиоузлов слушать радиопередачи без каких-либо индустриальных и атмосферных помех.

Многопрограммное проводное вещание. Недостаток проводного вещания — отсутствие возможности для радиослушателей выбирать наиболее интересующие их передачи. Теперь он преодолевается. В Советском Союзе внедряется система многопрограммного проводного вещания (МПВ), в которой по одной паре проводов осуществляется передача трех программ, причем одна из них транслируется, как обычно, токами НЧ, а две другие программы — с применением модулированных по амплитуде токов ВЧ (система с «уплотнением» радиотрансляционных линий). Для этого на станции радиоузла дополнительно к существующему приемному и усилительному оборудованию устанавливаются передающие устройства, вырабатывающие колебания ВЧ, которые модулируются по амплитуде НЧ сигналами, полученными от радиоприемника, местного микрофона, магнитофона или граммофонного устройства. Амплитудно-модулированные колебания ВЧ поступают не в антенну, как на радиовещательной станции, а в радиотрансляционную сеть. Один из передатчиков работает с несущей частотой 78 *кгц*, а другой — 120 *кгц*. Мощность передатчиков не превышает нескольких десятков ватт.

Для приема программ, передаваемых по проводам токами ВЧ, к громкоговорителям абонентских точек добавляются несложные приставки на полупроводниковых приборах. Такая приставка содержит в себе амплитудный детектор, преобразующий модулированные колебания ВЧ в токи НЧ, и усилитель НЧ. Кроме того, в приставке имеются резонансные контуры, с помощью которых «выделяют» нужные ВЧ спектры (с несущей частотой 78 или 120 *кгц*), и переключатель программ. Последний дает возможность подключать громкоговоритель непосредственно к линии (для приема программы, транслируемой токами НЧ) либо к выходу усилителя НЧ приставки (для приема программы, передаваемой токами ВЧ).

Существуют также абонентские устройства, в которых приставка конструктивно объединена с громкоговорителем.

Создан групповой приемник, рассчитанный на обслуживание до 100 радиотрансляционных точек. Он может быть использован в общежитиях, санаториях, домах отдыха, гостиницах, обслуживаемых МПВ.

РАЗДЕЛ 2

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

2-1. ПЕРЕДАЧА ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Передача и прием телевидения осуществляются в 4 этапа: 1) преобразование оптического изображения в электрические сигналы; 2) передача этих сигналов по радио; 3) прием сигналов; 4) об-

ратное преобразование принятых радиосигналов в оптическое изображение на экране телевизора.

Передающая телевизионная трубка. В телевизионной студии, откуда производят передачи телевидения, имеется телевизионная камера, основной частью которой является передающая телевизионная трубка — электровакуумный прибор, осуществляющий преобразование оптического изображения в электрические сигналы.

Принцип преобразования видимого изображения в электрические сигналы с помощью передающей телевизионной трубки, называемой

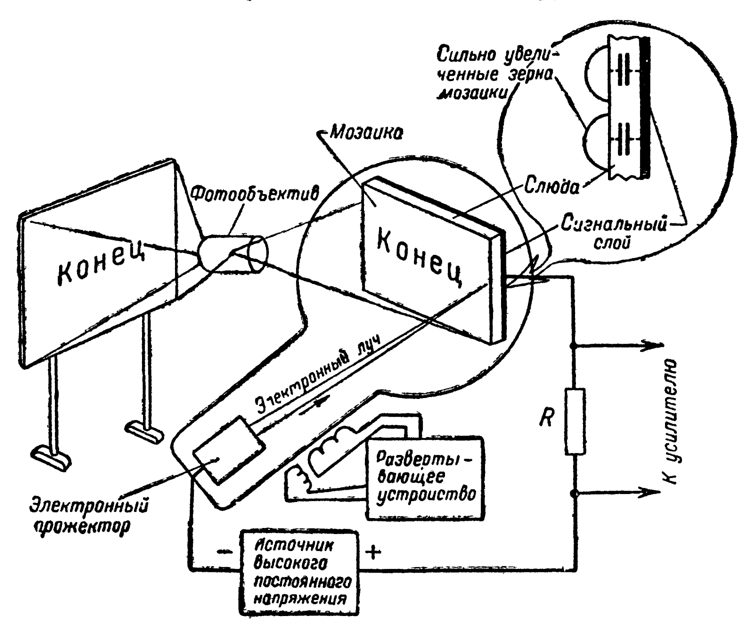


Рис. 2-1. Преобразования оптического изображения в электрический сигнал с помощью иконоскопа.

иконоскопом, показан на рис. 2-1. Преобразующей частью иконоскопа является мозаика, состояшая из миллионов мельчайших изолированных друг от друга зерен серебра, нанесенных на слюдяную пластинку. Подвергнутые специальной обработке, зерна обладают способностью испускать электроны под действием падающего на них света. На противоположную сторону пластинки нанесено металлическое покрытие, называемое сигнальным слоем.

Каждое зерно мозаики образует с сигнальным слоем микроскопический конденсатор, в котором под действием света за определенное время накапливается тем больший электрический заряд, чем сильнее он освещен. Диэлектриком этого конденсатора является слюда. Когда на мозаику с помощью объектива проецируют оптическое изображение, заряды по ее поверхности распределяются в точном соот-

ветствии с освещенностью тех или иных участков изображения. На мозаике появляется его «электрическое изображение».

При передаче кинофильмов на мозаику иконоскопа проецируют изображение с кинопленки.

В настоящее время широко используются передающие телевизионные трубки типа суперортикон и видикон, подобные по принципу действия иконоскопу, но имеющие более сложную конструкцию. Преимущество суперортикона и видикона заключается в том, что они нормально работают при значительно меньшей освещенности передаваемого объекта, чем требуется в случае использования иконоскопа.

Развертка изображения. Чтобы получить электрический сигнал, нужно в определенной последовательности «снять» заряды с зерен мозаики, или, как говорят, осуществить развертку изображения. Для этого используется узкий пучок электронов — электронный луч, направляемый на мозаику из электронного прожектора, одной из основных частей которого является подогревный катод (см. § 37-3). На горловине передающей трубки расположены отклоняющие катушки, через которые идут переменные токи, вырабатываемые развертывающим устройством. Переменное магнитное поле отклоняющих катушек заставляет электронный луч перемещаться по мозаике в строго определенном порядке. Начав свое движение в левом верхнем углу мозаики, луч с равномерной скоростью перемещается вправо, как бы прочерчивая на мозаике горизонтальную строку, затем со значительно большей скоростью возвращается в левую часть мозаики, прочерчивает новую строку под первой строкой и т. д. Прочертив последнюю строку, луч очень быстро возвращается в исходное положение в левом верхнем углу мозаики, после чего процесс повторяется в том же порядке. Чем бо́льшим числом строк при неизменном количестве зерен покрывается мозаика, тем более мелкие детали изображения преобразуются в электрические сигналы, тем больше четкость телевизионного изображения. На телевизионных центрах СССР изображение разлагают на 625 строк, что обеспечивает хорошее качество изображения на экранах телевизора.

За время, в течение которого мозаика покрывается 625 строками, создается один кадр развертки; от числа кадров, создаваемых в 1 *сек*, — частоты кадров также зависит качество телевизионного изображения. При малой частоте кадров изображение на экране телевизора будет мелькающим. Однако увеличение частоты кадров приводит к значительному усложнению телевизионной системы. На телевизионных центрах СССР принята так называемая чересстрочная развертка, обеспечивающая достаточно высокое качество телевизионного изображения. При этом способе развертки один кадр создается в два приема. Первоначально по мозаике трубки электронным лучом прочерчиваются нечетные строки (1-я, 3-я, 5-я и т. д.), а затем — находящиеся в промежутках между ними четные (2-я, 4-я, 6-я и т. д.). В связи с этим в телевизионной технике применяют термин «частота полукадров». На телевизонных центрах СССР частота полукадров принята равной 50 *гц*.

Перемещение луча в направлении слева направо называется прямым ходом строчной развертки, а сверху вниз — прямым ходом кадровой развертки.

Перемещения луча в направлении справа налево и снизу вверх

называются соответственно **о б р а т н ы м   х о д о м** строчной и кадровой разверток.

Видеосигнал. При прямом ходе луча с зерен мозаики последовательно снимаются все заряды и по резистору R, включенному между электронным прожектором и сигнальным слоем (см. рис. 2-1), протекает ток, величина которого зависит от освещенности различных участков мозаики. В результате описанных процессов на резисторе возникает электрический сигнал, называемый с и г н а л о м   и з о б р а ж е н и я.

При обратном ходе электронный луч выключается, или, как принято говорить, гасится. Время, идущее на обратный ход, использу-

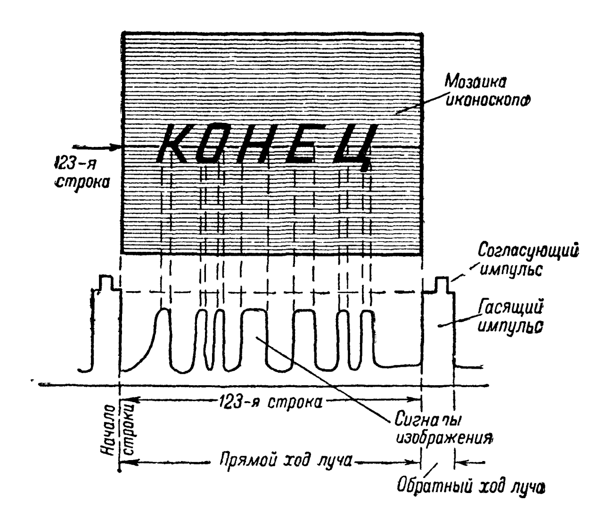


Рис. 2-2. Сигнал изображения при развертке одной строки.

ется для передачи так называемых строчных и кадровых синхронизирующих и г а с я щ и х импульсов, необходимых для получения правильного изображения на экранах телевизоров. Пример формы сигнала изображения при передаче одной строки простого изображения показан на рис. 2-2.

Совокупность сигналов изображения, синхронизирующих и гасящих импульсов называют полным в и д е о с и г н а л о м. Представление о нем дает рис. 2-3. Длительность различных элементов полного видеосигнала дана здесь в микросекундах. При передаче наиболее светлых мест изображения величина сигнала составляет 8—15% максимальной величины видеосигнала, а при передаче черных мест она возрастает до 75% его максимальной величины (рис. 2-3, *а*).

Величина с т р о ч н ы х   г а с я щ и х импульсов, предназначенных для гашения электронного луча при переходе от одной строки к другой, поддерживается строго постоянной на уровне 75% максималь-

Рис. 2-3. Форма полного видеосигнала.

Рис. 2-4. Блок-схема телевизионной станции.

ной величины видеосигнала. Одновременно с гасящими импульсами передаются строчные синхронизирующие (согласующие) импульсы.

Величина кадровых гасящих импульсов, предназначенных для гашения луча при переходе от кадра к кадру, также поддерживается постоянной на уровне 75%. Одновременно с ними передаются кадровые синхронизирующие (согласующие) импульсы (рис. 2-3, *б* и *в*).

В связи с тем, что передача телевизионного кадра осуществляется в два приема, гасящие импульсы первого и второго полукадров

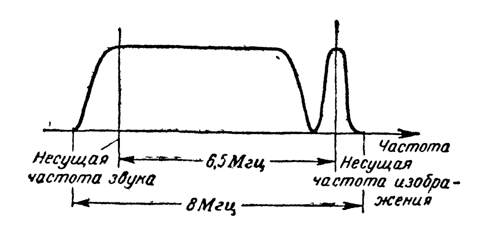


Рис. 2-5. Графическое изображение спектра частот телевизионной передачи.

сдвинуты во времени по отношению к моменту передачи последнего строчного синхронизирующего импульса (сравни рис. 2-3, *б* и *в*).

Передатчики телевизионной станции. Передача телевизионных программ осуществляется с помощью УКВ радиопередатчиков (рис. 2-4). Усиленный во много раз полный видеосигнал подводится

Таблица 2-1

Частотные каналы, используемые в СССР для передачи телевидения

Номера каналов	Полоса частот, *Мгц*	Несущая частота сигналов изображения, *Мгц*	Несущая частота звукового сопровождения, *Мгц*
1	48,5—56,5	49,75	56,25
2	58—66	59,25	65,75
3	76—84	77,25	83,75
4	84—92	85,25	91,75
5	92—100	93,25	99,75
6	174—182	175,25	181,75
7	182—190	183,25	189,75
8	190—198	191,25	197,25
9	198—206	199,25	205,75
10	206—214	207,25	213,75
11	214—222	215,25	221,75
12	222—230	223,25	229,75

к передатчику и изменяет амплитуду колебаний в его антенне в такт с изменениями световых оттенков в передаваемом изображении — происходит амплитудная модуляция тока в антенне. Передача изображения осуществляется с одной верхней боковой полосой частот (см. § 1-4), но несущая не подавляется.

Звуковое сопровождение передается через другой передатчик, называемый сокращенно передатчиком звука. В нем осуществляется частотная модуляция.

Разность между несущими частотами передатчика видеосигналов и передатчика звука составляет 6,5 *Мгц* (табл. 2-1, рис. 2-5).

2-2. ТЕЛЕПЕРЕДАЧИ ИЗ ТЕАТРОВ И СО СТАДИОНОВ

Когда нужно организовать телевизионную передачу из театра, концертного зала, со стадиона или из другого пункта, удаленного от телевизионного центра, в этом пункте устанавливают маломощный передатчик изображения, работающий на дециметровых волнах. На него подают усиленный сигнал с передающей телевизионной трубки. На телевизионном центре радиосигналы этого передатчика принимают и после соответствующих преобразований подают на передатчик изображения телецентра, осуществляя амплитудную модуляцию тока ВЧ. Сигналы звукового сопровождения обычно передают на передатчик звука телецентра по телефонному кабелю на низкой частоте.

2-3. РЕТРАНСЛЯЦИЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Дальность приема сигналов телевизионной станиции (телецентра) зависит от мощности ее передатчиков, высоты передающей и приемной антенн, чувствительности телевизора и условий в пункте приема: топографии местности, наличия вблизи высоких зданий и т. п. Благодаря особенностям распространения УКВ (см. § 1-8), на которых ведется телевизионное вещание, уровень принимаемых сигналов телевизионных передатчиков даже в пределах одного небольшого участка может сильно изменяться в зависимости от указанных выше условий.

Эффективным средством увеличения зоны действия телецентров является ретрансляция телевидения. Сущность ее заключается в том, что сигналы телецентра принимаются на расстоянии 70—100 *км* ретрансляционной станцией, усиливаются ею, преобразуются в телевизионные сигналы другого канала и излучаются передатчиком с относительно малой мощностью, достаточной для приема телевизионных программ в близлежащих населенных пунктах.

Для передачи телевидения на расстояния 500—1 000 *км* и более используют специальные кабельные и радиорелейные линии.

Радиорелейная линия состоит из ряда станций, расположенных на расстояниях 50—80 *км* друг от друга. Каждая станция имеет приемную и передающую антенны. Приемная антенна ближайшей к телецентру радиорелейной станции принимает его телевизионные сигналы. После соответствующего усиления с помощью находящегося на станции усилителя телевизионный сигнал излучается передающей антенной ретрансляционной станции в сторону следующей такой же станции. Принятый и усиленный второй станцией сигнал излучается передающей антенной в сторону третьей радиорелейной станции и т. д.

С помощью радиорелейных и кабельных линий осуществляют телевизионные передачи из одних городов в другие, расположенные на расстояниях в сотни и тысячи километров, производят обмен телевизионными программами между городами.

Ретрансляция телевидения с помощью искусственных спутников земли. Передача телевидения с помощью спутника типа «Молния» осуществляется так: из телевизионной студии сигналы изображения и звукового сопровождения поступают на специальную наземную станцию для передачи на спутник. Принятые бортовой аппаратурой спутника сигналы после усиления передаются в сторону Земли и принимаются специальными приемными пунктами, передающими полученные сигналы на местные телевизионные станции. Дальность действия системы космической ретрансляции достигает тысяч километров.

При определенных условиях запуска спутника можно добиться того, что угловая скорость вращения его будет равна угловой скорости вращения Земли. При этом положение спутника относительно Земли будет неизменным, он будет как бы неподвижно «висеть» над Землей.

2-4. ПРИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Преобразование телевизионных сигналов в оптическое изображение и воспроизведение звукового сопровождения осуществляются телевизионным приемником — телевизором (рис. 2-6). Принятые его антенной высокочастотные АМ сигналы передатчика изображения и ЧМ сигналы передатчика звука усиливаются в тысячи раз и поступают на детекторы, выделяющие видеосигнал и сигнал звукового сопровождения.

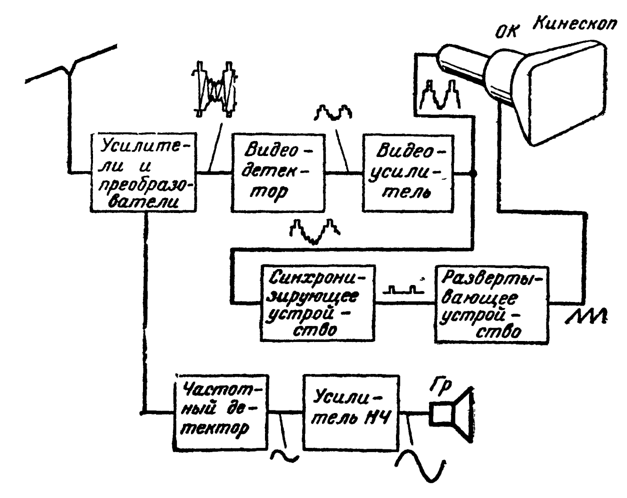


Рис. 2-6. Блок-схема телевизора.

Видеосигнал усиливается видеоусилителем и поступает на приемную телевизионную трубку — кинескоп (см. § 37-10), который преобразует этот сигнал в оптическое изображение. На горловине кинескопа расположены отклоняющие катушки *ОК* (рис. 2-6), через которые пропускаются переменные токи, вырабатываемые развертывающим устройством.

Переменное магнитное поле катушек, воздействуя на электронный луч кинескопа, заставляет его перемещаться по экрану слева направо и сверху вниз и прочерчивать на нем строки. Для получения изображения необходимо, чтобы электронный луч кинескопа перемещался по экрану с той же скоростью и в том же порядке, что и луч в передающей трубке телецентра. Для этого на развертывающее устройство подаются выделенные из полного видеосигнала синхронизирующие импульсы. Эти импульсы управляют работой развертывающего устройства таким образом, что начало каждой строки, прочерчиваемой на мозаике передающей трубки, совпадает по времени с началом каждой строки на экране кинескопа. Как и мозаика, экран кинескопа покрывается строками, составляющими как бы слитную светящуюся поверхность — растр.

Сигналы звукового сопровождения усиливаются усилителем *НЧ* и воспроизводятся громкоговорителем *Гр*. Подробнее о работе телевизионных приемников см. § 3-2, разд. 13 и 16.

2-5. ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Передача цветного изображения. Для передачи практически любых цветовых тонов достаточно осуществлять смешение красного, синего и зеленого цветов в различных пропорциях. Так, при смешении всех этих трех цветов в определенной пропорции можно получить белый цвет, при смешении красного и зеленого — желтый и т. д.

При передаче цветного телевидения нужно иметь три передающие телевизионные трубки. Перед объективом каждой из них размещены цветные светофильтры, пропускающие соответственно красный, синий и зеленый цвета, содержащиеся в передаваемом изображении. Полученные от этих трубок три первичных «цветных» сигнала изображения используются для формирования полного видеосигнала трех цветов. Передача последнего к приемным устройствам осуществляется в том же порядке, что и черно-белого.

Прием цветного изображения. Приемник цветного телевидения значительно сложнее обычного телевизора. В нем применяется специальный трехлучевой кинескоп. Он имеет три катода, три управляющих электрода и маску — металлический лист с большим числом отверстий (рис. 2-7, *а*). Экран кинескопа состоит из зерен люминофоров красного, синего и зеленого цветов (рис. 2-7, *б*). Электронные лучи создаются катодами, расположенными вокруг оси кинескопа под углом 120° друг к другу (рис. 2-7, *в*). Благодаря такому расположению катодов оси электронных лучей также образуют равносторонний треугольник, и поэтому, сойдясь в отверстии маски, лучи попадают в три разные точки экрана. Кинескоп устроен так, что каждый луч может попасть только в определенные точки на поверхности экрана. Так, луч *К*, предназначаемый для передачи красной составляющей изображения, попадает в любом месте экрана только в «свою» точку *К'* люминофора красного цвета. Так как число отвер-

стий в маске превышает 300 000, а число точек люминофоров красного, синего и зеленого цветов больше 900 000, глаз не может различить отдельные цветные точки на экране и они воспринимаются как слитное цветное изображение.

Для получения изображения на экране необходимо обеспечить согласованное движение по нему трех лучей (слева направо и сверху вниз), а по цепям *I*, *II* и *III* подвести к трубке «красную», «синюю»

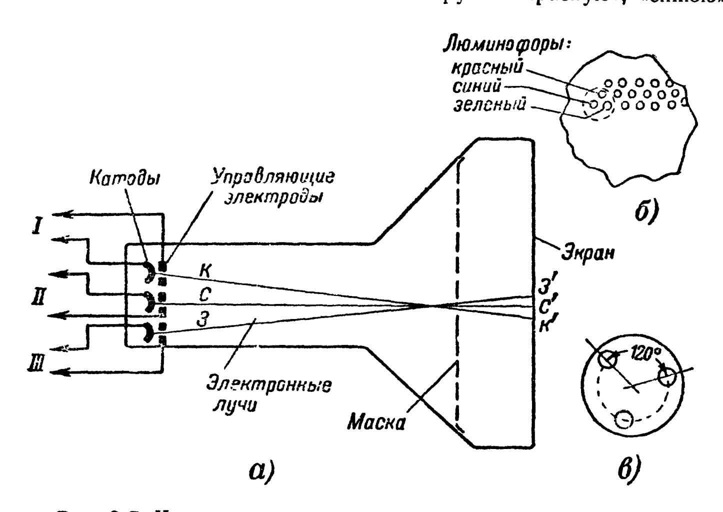


Рис. 2-7. Кинескоп для приема цветного телевидения.

а — ход электронных лучей; *б* — расположение зерен люминофоров на экране; *в* — взаимное расположение катодов.

и «зеленую» составляющие видеосигнала. Выделение составляющих из общего сигнала производится с помощью довольно сложных устройств.

Внедряемая в Советском Союзе система цветного телевидения дает возможность приема цветных передач на обычные телевизоры в черно-белом виде. Обеспечивается также возможность приема на «цветной» телевизор в черно-белых тонах нецветных передач.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

РАЗДЕЛ 3
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

3-1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ

По назначению приемники разделяют на радиовещательные, предназначенные для приема программ, передаваемых радиовещательными станциями, телевизионные (телевизоры) — для приема передач телевизионных центров и связные — для связи.

Радиоприемники, рассчитанные для приема сигналов только на определенных диапазонах волн, называют соответственно этим диапазонам, например КВ приемник или УКВ приемник.

Радиовещательные приемники, с помощью которых можно вести прием радиовещательных станций с амплитудной модуляцией на ДВ, СВ и КВ, а также с частотной модуляцией на УКВ, называют сокращенно АМ—ЧМ приемниками. Большинство этих приемников дает возможность слушать радиопередачи на громкоговорители, которые входят в состав приемников.

Далее приемники разделяют на детекторные, ламповые и транзисторные.

Детекторные — самые простые приемники. Они работают исключительно за счет энергии принимаемых антенной АМ сигналов; преобразование последних в НЧ сигналы осуществляется точечным полупроводниковым диодом — кристаллическим детектором (см. § 38-3); усиление сигналов в этих приемниках не осуществляется; источников электропитания для своей работы они не требуют. На детекторный приемник можно слушать передачи СВ и ДВ радиовещательных станций на телефонные трубки (наушники). Такие приемники в настоящее время промышленностью не выпускаются и радиолюбители тоже делают их очень редко.

В ламповых радиоприемниках осуществляется усиление сигналов с помощью электронных ламп (см. разд. 37). Преобразование частоты сигналов производится также с помощью электронных ламп либо с помощью полупроводниковых диодов.

В транзисторных приемниках усиление сигналов производится с помощью транзисторов (см. разд. 38), а преобразование частоты сигналов — с помощью транзисторов или точечных полупроводниковых диодов. Встречаются радиоприемники с использованием электронных ламп, транзисторов и полупроводниковых диодов.

По особенностям электрических схем ламповые и транзисторные радиоприемники разделяют на приемники прямого усиления и супергетеродины

Приемники промышленного изготовления в настоящее время являются супергетеродинами (см. § 3-2). Телевизоры как заводского, так и любительского изготовления также выполняются по супергетеродинным схемам; по схемам прямого усиления телевизоры не изготовляют в связи с большой трудностью осуществления перехода при таких схемах с приема сигналов одного телевизионного канала на другой.

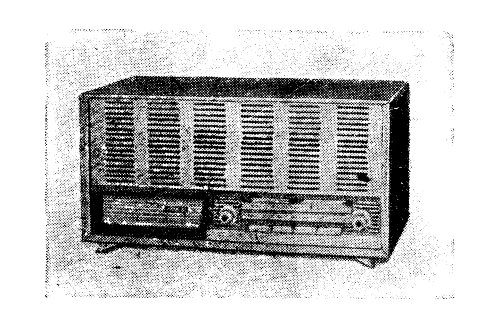


Рис. 3-1. Настольный радиовещательный приемник «Нарочь».

Для работы ламповых и транзисторных приемников необходимы источники электропитания. По способу электропитания те и другие приемники разделяются на: батарейные, получающие электроэнергию от гальванических или аккумуляторных батарей (либо от термогенераторов), сетевые — с питанием от электросетей и приемники с универсальным питанием — для работы от любого из этих источников питания. Транзисторные приемники бывают преимущественно батарейными.

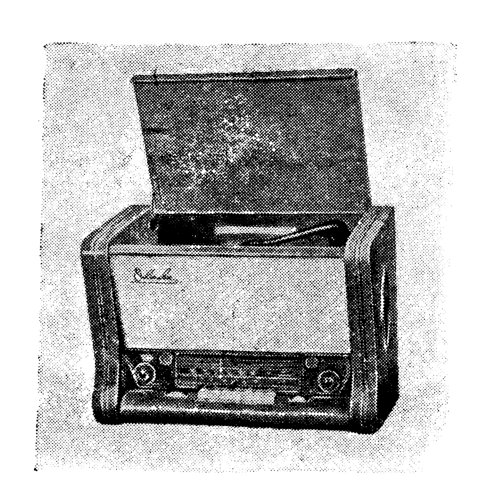


Рис. 3-2. Настольная радиола «Октава».

Радиола представляет собой радиовещательный приемник, объединенный с проигрывателем — устройством для проигрывания граммофонных пластинок (см. разд. 28).

Устройство, состоящее из радиовещательного приемника и магнитофона, называется магнитолой.

Конструкция, содержащая в себе радиовещательный приемник, телевизор, проигрыватель граммофонных пластинок, а иногда и магнитофон, называется телерадиолой, радиокомбайном.

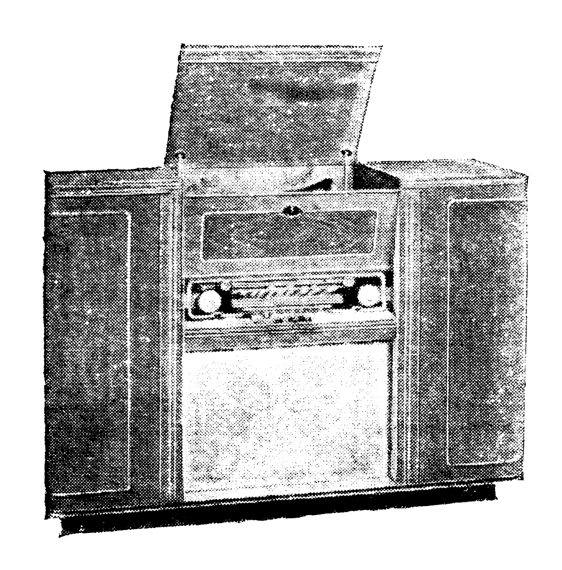


Рис. 3-3. Радиокомбайн «Россия».

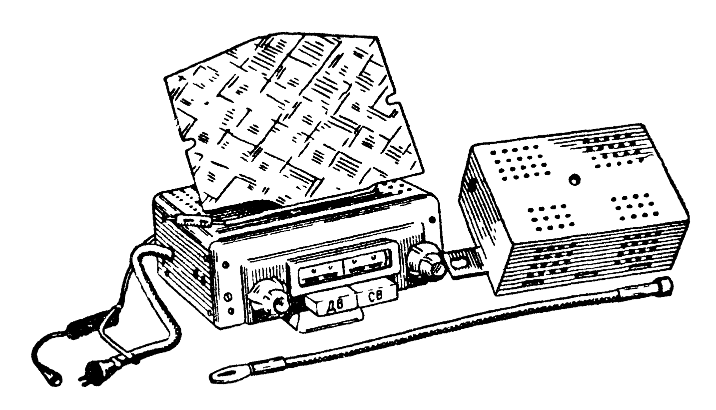
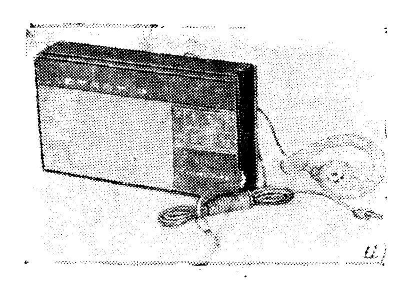


Рис. 3-4. Автомобильный приемник А-17.

По конструктивному оформлению радиоприемники разделяют на стационарные (рис. 3-1—3-3), рассчитанные для постоянной работы в комнатных условиях, автомобильные, сконструированные в расчете на установку и эксплуатацию в автомашинах (рис. 3-4), и переносные, рассчитанные на работу практически в любых условиях (рис. 3-5). Последние в зависимости от размера, формы, назначения и способа переноски называют походными, карманными, чемоданными и т. д.





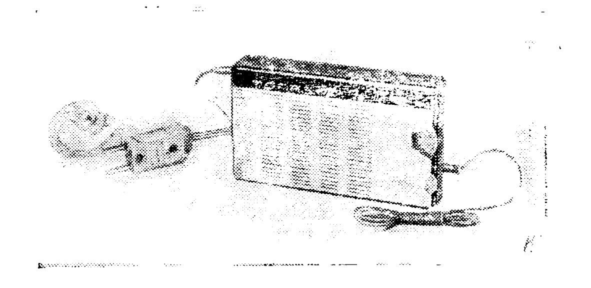


Рис. 3-5. Переносные радиовещательные транзисторные приемники.

а — «Старт-2»; *б* — «Гауя»; *в* — «Топаз-2».

Стационарные радиоприемники, радиолы и телевизоры оформляют для установки на столе (настольные) или на полу (мебельные).

По электрическим и акустическим показателям радиовещательные приемники и радиолы разделяют на высший, первый, второй, третий и четвертый классы. К высшему относятся приемники с наиболее высокими параметрами; наиболее простые приемники относятся к четвертому классу.

Приемники и радиолы высшего класса выпускаются только в стационарном оформлении с питанием от сети переменного тока, а остальных классов — как в стационарном, так и в переносном оформлении с различными способами питания.

Телевизоры разделяются на первый, второй и третий классы, различающиеся размером и качеством изображения на экране. Размер изображения у телевизоров первого класса 360×470 *мм* или больше, второго класса — 270×360 *мм* и третьего класса — 210×280 *мм*.

3-2. БЛОК-СХЕМЫ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Детекторные приемники применяют для приема местных или не очень удаленных ДВ и СВ радиовещательных станций (на расстоянии до 500—800 *км*) на головные телефоны. Простейший детекторный приемник имеет один резонансный контур, настраиваемый на частоту принимаемой радиостанции (рис. 3-6). Детектирование осуществляется с помощью точечного полупроводникового диода (детектора) *Д*.

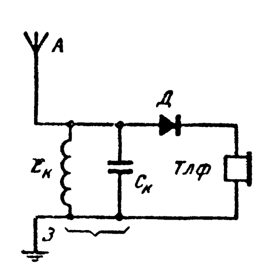


Рис. 3-6. Принципиальная схема простейшего детекторного радиоприемника.

Так как детекторный приемник получает энергию для своей работы только из антенны и чувствительность его невелика, для него следует применять хорошую антенну и заземление.

Эти приемники различаются в основном конструктивным выполнением колебательных контуров и способами настройки их.

Радиовещательные приемники прямого усиления используют для приема радиовещательных станций с амплитудной модуляцией и для любительской связи на КВ и УКВ (рис. 3-7).

Возникший в антенне под действием радиоволн ВЧ сигнал подается на первый каскад приемника через входное устройство, которое называют также преселектором. Оно выделяет сигналы нужной

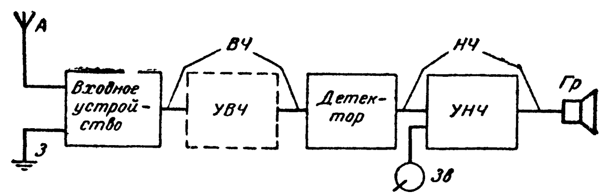


Рис. 3-7. Блок-схема радиоприемника прямого усиления.

радиостанции, ослабляя сигналы других станций (см. § 4-1). От входного устройства сигнал подводится к усилителю высокой частоты (УВЧ), имеющему обычно не более одного-двух каскадов. С усилителя ВЧ сигнал подается на детектор (см. разд. 7). Полученный после чего НЧ сигнал усиливается каскадами УНЧ (см. разд. 9—12). На выходе усилителя НЧ включен громкоговоритель (громкоговорители).

Если от приемника не требуется высокой чувствительности и избирательности (см. § 3-3), УВЧ может в нем не быть. Когда прием передач ведется на головные телефоны, то в приемнике могут отсутствовать каскады УНЧ.

Для повышения чувствительности и избирательности в детекторах приемников прямого усиления используют положительную обратную связь; такие приемники называют регенеративными.

Число каскадов приемника прямого усиления иногда выражают в виде «формулы». Она состоит из буквы V («вэ» латинское), которая обозначает детекторный каскад, и двух чисел; число перед буквой показывает, сколько в приемнике каскадов УВЧ, а число после буквы — сколько в приемнике каскадов УНЧ.

Пример 1. Приемник по схеме 1-V-1 содержит один каскад УВЧ и один каскад УНЧ.

Пример 2. Приемник по схеме 0-V-2 не имеет усилителя ВЧ, а усиление НЧ осуществляется двумя каскадами.

Основным преимуществом приемников по схеме прямого усиления является простота их изготовления и налаживания, поэтому такая схема часто применяется начинающими радиолюбителями.

Недостатки приемников прямого усиления без положительной обратной связи — малые чувствительность и избирательность. Последняя зависит от количества и качества контуров, используемых в его высокочастотной части. Чувствительность зависит от настройки приемника: чем выше принимаемая частота, тем хуже его чувствительность и шире полоса пропускания. Увеличение числа перестраиваемых в широком диапазоне частот контуров приводит к неустойчивой работе приемника.

Небольшие изменения питающих напряжений регенеративного приемника, изменения параметров ламп и другие причины приводят к резкому изменению его чувствительности и избирательности и могут даже сделать прием совсем невозможным. Кроме того, регенеративные приемники создают сильные помехи соседним приемникам.

Радиовещательные супергетеродинные приемники (супергетеродины). По сравнению с приемниками прямого усиления они имеют более высокие чувствительность и избирательность.

Принцип супергетеродинного приема состоит в том, что принятый ВЧ сигнал преобразуется в сигнал так называемой промежуточной частоты (ПЧ), на которой и осуществляется основное усиление сигнала. Чувствительность супергетеродинного радиоприемника при изменении его настройки изменяется меньше, чем приемника прямого усиления. Используя в УПЧ полосовые фильтры (см. разд. 6), получают очень высокую избирательность.

ВЧ сигнал поступает из антенны через входное устройство на усилитель ВЧ (рис 3-8). Входной контур и усилитель ВЧ обеспечивают в основном избирательность по зеркальному каналу (см. § 3-3) и предварительное выделение сигнала радиостанции, передачу которой мы желаем слушать, из сигналов, принятых антенной. Усилитель ВЧ является необязательной частью супергетеродинного приемника. Его применяют лишь в некоторых приемниках высшего и первого классов.

От усилителя ВЧ, а если он отсутствует, то от входного устройства сигнал подводится к преобразователю частоты, состоящему из смесителя и гетеродина (маломощный генератор колебаний ВЧ). Его

колебания подаются на смеситель, на выходе которого получается сигнал ПЧ, модулированный так же, как и ВЧ сигнал. Частота гетеродина, как правило, выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты В радиовещательных приемниках применяют промежуточную частоту 465 *кгц* (иногда 110 *кгц*) при приеме радиостанций на ДВ, СВ и КВ диапазонах и 8,4 *Мгц* при приеме радиостанций на УКВ диапазоне.

Настройку на радиостанции производят одной ручкой, с помощью которой изменяют емкость двух или большего числа одинаковых конденсаторов переменной емкости (блок конденсаторов — см.

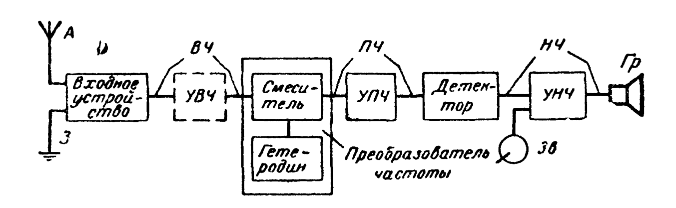


Рис. 3-8. Блок-схема супергетеродинного радиоприемника АМ сигналов.

§ 40-11). Один из них используется для изменения частоты контура гетеродина, а остальные — для настройки на частоту принимаемой станции входных цепей и контуров УВЧ.

При любых положениях роторов конденсаторов настройки гетеродин должен генерировать колебания с частотой, равной частоте принимаемой станции плюс промежуточная частота, т. е. частота колебаний гетеродина должна быть выше принимаемой частоты. Например, при промежуточной частоте 465 *кгц* и частоте принимаемой станции 1 000 *кгц* контур гетеродина должен быть настроен на частоту 1 465 *кгц*.

Преобразователь частоты усиливает сигнал: уровень сигнала ПЧ на его выходе в 5—20 раз больше, чем ВЧ сигнал на его входе. Параметры усилителя ПЧ определяют избирательность по соседнему каналу, чувствительность и полосу пропускания радиоприемника. С усилителя ПЧ сигнал ПЧ подается на детектор. Детектор и усилитель НЧ выполняют те же функции, что и в приемнике прямого усиления.

Большое усиление супергетеродинных приемников позволяет использовать в них дополнительные устройства, улучшающие эксплуатационные качества приемников: автоматическую регулировку усиления (АРУ), автоматическую подстройку частоты гетеродина (АПЧ), автоматическую настройку на станции, электронно-световой индикатор настройки и др.

Недостатками супергетеродинных приемников являются: зеркальные помехи (см. стр 80), наличие свистов, возникающих в результате смешения в преобразователе гармоник сигнала с колебаниями гетеродина или сигнала с гармониками гетеродина. Налаживание и ремонт супергетеродинных приемников значительно сложнее, чем приемников прямого усиления.

АМ—ЧМ приемники. Во всех ЧМ приемниках модулированный по частоте сигнал превращается в НЧ сигнал частотным детектором. Эти приемники также могут выполняться по схеме прямого усиления или супергетеродина. Современные радиовещательные приемники и радиолы промышленного производства являются супергетеродинами и позволяют принимать как АМ сигналы на диапазонах ДВ, СВ

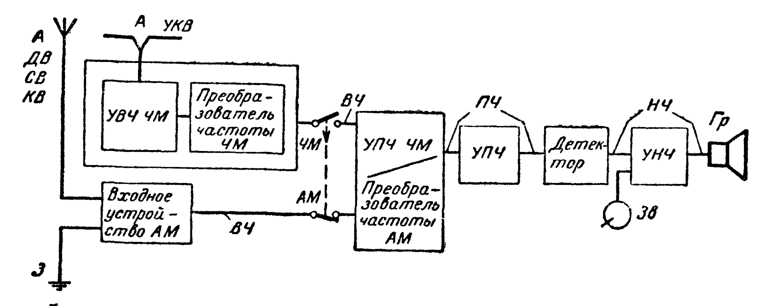


Рис. 3-9. Блок-схема супергетеродинного АМ-ЧМ приемника.

и КВ, так и ЧМ сигналы на УКВ диапазоне. При этом одни и те же лампы используют для усиления ПЧ и НЧ при приеме как АМ, так и ЧМ сигналов, но входные цепи, усилитель ВЧ и преобразователь частоты УКВ диапазона выполняют в виде отдельного конструктивного узла — УКВ блока (рис. 3-9). Введение в УКВ тракт УВЧ вы-

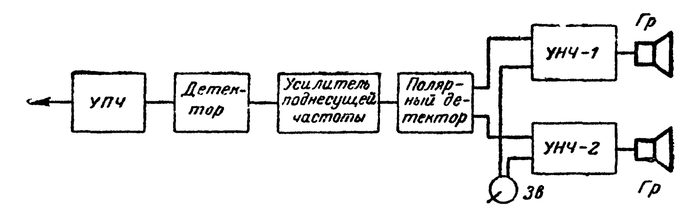


Рис. 3-10. Часть блок-схемы супергетеродина для приема стереофонических передач.

звано необходимостью уменьшить излучение гетеродина, которое может быть значительным при непосредственном подключении антенны ко входу преобразователя частоты.

С выхода УКВ блока сигнал ПЧ подается на вход преобразователя частоты АМ сигналов, лампа которого на УКВ диапазоне используется в качестве дополнительного (первого) каскада усиления ПЧ.

Детектирование сигналов осуществляется одними и теми же диодами, которые в зависимости от диапазона волн используются либо в схеме АМ детектора, либо в схеме ЧМ детектора. Усилитель НЧ такой же, как и в радиовещательных приемниках по другим схемам.

Стереофонический приемник. Схема радиовещательного приемника, обеспечивающего возможность приема стереофонических передач на УКВ, ничем не отличается от схемы АМ—ЧМ приемника до детектора промежуточной частоты, но в результате детектирования сигнала ПЧ получается не НЧ сигнал, а полярно модулированный сигнал поднесущей частоты (см. § 1-10). Последний после усиления поступает на полярный детектор (рис. 3-10), который разделяет сигналы «правого» и «левого» каналов стереофонической системы. Каждый из этих сигналов усиливается отдельным УНЧ и воспроизводится отдельными громкоговорителями.

Телевизионный приемник с использованием биений между несущими частями изображения и звука для приема звукового сопровождения (рис. 3-11). В современных телевизорах эта схема имеет наибольшее распространение.

Принятый антенной полный телевизионный сигнал после усиления каскадом УВЧ входного блока поступает на преобразователь частоты. В отсутствие модуляции сигналов в результате преобразования получаются две частоты: 34,25 *Мгц* — несущая ПЧ изображения и 27,75 *Мгц* — несущая ПЧ звука (по новому ГОСТ несущая ПЧ изображения 38 *Мгц* и звука — 31,5 *Мгц*). В процессе передачи телевизионной программы несущая ПЧ изображения модулирована по амплитуде, а несущая ПЧ звука — по частоте.

После усиления в общем УПЧ оба эти сигнала подаются на амплитудный детектор — **видеодетектор**, названный так потому, что он выделяет видеосигнал — сигнал изображения.

Видеодетектор одновременно работает как смеситель колебаний упомянутых двух промежуточных частот. Вследствие этого на его выходе получается сигнал со второй, более низкой несущей частотой, равной разности между несущими частотами изображения и звукового сопровождения, т. е. 34,25—27,75 = 6,5 *Мгц* (или 38—31,5 = = 6,5 *Мгц*). Колебания разностной частоты, отображая в себе сигнал звукового сопровождения, модулированы по частоте и, кроме того, по амплитуде, как и сигнал ПЧ изображения в общем УПЧ. Амплитудная модуляция сигнала звукового сопровождения является ненужной и вредной, и ее устраняют в УПЧ канала звукового сопровождения помощью ограничителя. Выделение НЧ сигнала звукового сопровождения осуществляется частотным детектором. После него, как и в радиовещательном приемнике, следуют УНЧ и громкоговоритель.

Сигнал изображения вместе с гасящими импульсами после усиления видеоусилителем (каскадом усилителя видеочастоты) подается в цепь катод — модулятор кинескопа, управляя его электронным лучом.

Полученные одновременно на выходе видеодетектора синхронизирующие импульсы поступают на блок разверток и управляют частотами вырабатываемых им колебаний для отклоняющей системы кинескопа.

Основное преимущество схемы по рис. 3-11 — возможность получить прием программ на всех 12 телевизионных каналах, применяя простые способы стабилизации частоты гетеродина. Изменения этой частоты, вызываемые прогревом телевизора и изменениями питающих его напряжений, обычно не превышают $\pm(100 \div 150)$ *кгц*. На такую же величину, очевидно, изменяются ПЧ изображения и ПЧ звукового

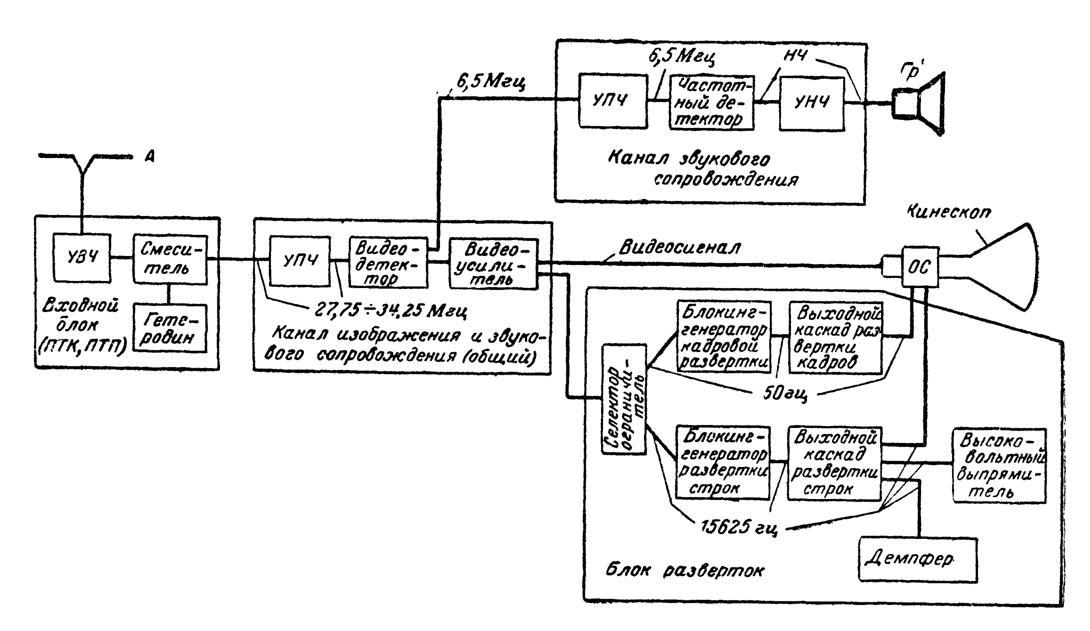


Рис. 3-11. Блок-схема телевизора по супергетеродинной схеме с использованием биений между несущими частями изображения и звука для приема звукового сопровождения.

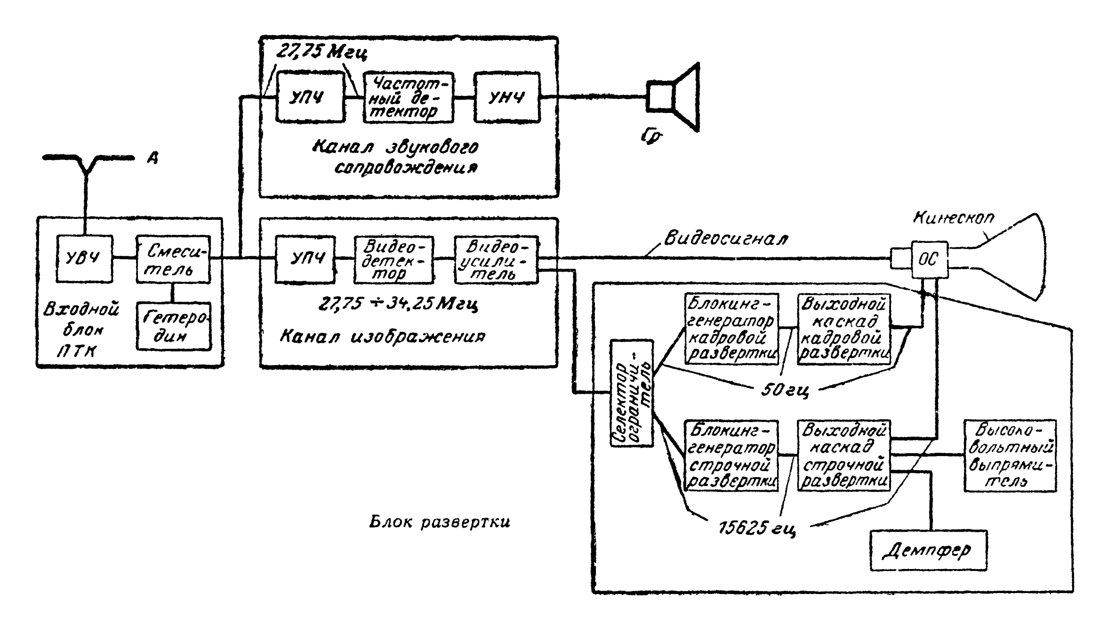


Рис 3-12 Блок-схема телевизора по супергетеродинной схеме с раздельными усилителями ПЧ в каналах изображения и звука.

сопровождения. Для широкополосного сигнала, каким является сигнал изображения, это практически не имеет значения.

Вместе с тем частота 6,5 *Мгц*, на которой осуществляется усиление сигнала звукового сопровождения, остается неизменной, так как разность между несущими частотами передатчиков поддерживается на телевизионных станциях (телецентрах) с высокой точностью.

Другим достоинством схемы по рис. 3-11 является относительно небольшое число ламп в телевизоре вследствие применения общего УПЧ, а иногда и использования видеоусилителя для усиления сигналов звукового сопровождения.

Некоторые типы телевизоров дают возможность приема передач радиовещательных УКВ ЧМ станций, работающих в диапазоне частот 65,8—73,0 *Мгц*. В таких телевизорах имеется дополнительный УКВ блок, преобразующий принимаемые ЧМ сигналы в сигналы с несущей промежуточной частотой 6,5 *Мгц*.

Телевизионный приемник с раздельными усилителями ПЧ (рис. 3-12). Полученные в смесителе входного блока сигналы промежуточной частоты звука (несущая частота 27,75 или 31,5 *Мгц*) и изображения (несущая частота 34,25 или 38 *Мгц*) разделяются на выходе смесителя и далее проходят по двум независимым каналам. Чтобы исключить влияние нестабильности частоты гетеродина, которая достигает ±150 *кгц*, полосу пропускания УПЧ канала звука приходится делать шириной 0,4—1,0 *Мгц*. Это приводит к необходимости увеличения числа каскадов УПЧ звука. Достоинством схемы по рис. 3-12 является малое влияние сигналов звука на сигналы изображения.

3-3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИЕМНИКОВ

Диапазоны частот (волн). Это области частот (или волн), в пределах которых возможен прием радиостанций на данный приемник.

Радиовещательные приемники промышленного изготовления имеют длинноволновый 735,3—2 000 *м* (408—150 *кгц*) и средневолновый 186,9—571,4 *м* (525—1 608 *кгц*) диапазоны; от второго класса и выше приемники имеют также коротковолновый 24,8—75,9 *м* (3,95—12,1 *Мгц*) и ультракоротковолновый 4,11—4,56 *м* (73—65,8 *Мгц*) диапазоны. Вместо общего КВ диапазона приемники высшего класса имеют несколько отдельных поддиапазонов (так называемые растянутые или полурастянутые диапазоны), перекрывающих лишь отдельные участки диапазона шириной 300—500 *кгц* вблизи волн длиной 25, 31, 41, 49 и 75 *м*, в пределах которых ведутся радиовещательные передачи (см. табл. 1-1).

Приемник, позволяющий принимать одну или несколько заранее выбранных радиостанций, называют приемником с фиксированной настройкой. В этом случае выбор желаемой радиостанции осуществляется переключателем того или иного типа (кнопочный, клавишный и т. п.). Фиксированная настройка применяется лишь для приема местных радиовещательных станций, работающий в диапазонах ДВ и СВ.

Переключатели каналов телевизоров позволяют настраивать их на частоты соответствующих каналов (см. табл. 2-1). Точная настройка производится по качеству изображения и звука изменением частоты гетеродина.

Номинальная выходная мощность — максимальная электрическая мощность НЧ, которая подводится к громкоговорителю (громкоговорителям) приемника при заданной величине коэффициента нелинейных искажений (см. ниже). Чем больше размер помещения, которое должен обслуживать приемник, тем большей должна быть его выходная мощность. Сетевые ламповые радиовещательные приемники имеют выходную мощность 0,5—10 *вт*, ламповые батарейные 0,05—0,25 *вт*, карманные приемники с транзисторами 10—150 *мвт*, телевизоры 0,5—2 *вт*. Выходная мощность бóльшую часть времени меньше номинальной величины, достигая ее лишь в течение коротких промежутков времени — в моменты наиболее сильных звуков в передаваемой программе. Выходную мощность приемника не следует смешивать со звуковой (акустической) мощностью, излучаемой громкоговорителем. Последняя составляет лишь 1—2% выходной мощности, так как к. п. д. громкоговорителей очень мал. Для уменьшения нелинейных искажений номинальная выходная мощность приемника должна быть на 20—50% ниже, чем номинальная электрическая мощность громкоговорителя (см. § 27-3).

Чувствительность с антенного входа определяется величиной ВЧ сигнала, который нужно подать на вход приемника, чтобы получить на его выходе заданную мощность (или напряжение). Для стационарных радиовещательных приемников чувствительность выражается на ДВ, СВ и КВ напряжением входного ВЧ сигнала глубиной модуляции 30% при выходной мощности 50 *мвт*, а на УКВ при девиации частоты ±15 *кгц* и той же мощности.

Чем меньше входное напряжение, необходимое для получения заданной мощности (или напряжения), тем выше чувствительность приемника, т. е. тем более слабые сигналы, более далекие станции способен он принимать.

Чувствительность приемника измеряется в микровольтах. Она зависит от диапазона волн и изменяется в пределах диапазона. В паспортах заводских радиоприемников обычно указываются худшие значения чувствительности для каждого диапазона.

Выпускаемые отечественной промышленностью стационарные радиовещательные приемники и радиолы по супергетеродинным схемам имеют чувствительность не хуже:

Высшего класса:	
на УКВ диапазоне	5 *мкв*
на КВ, СВ и ДВ диапазонах	50 »
Первого класса на УКВ диапазоне	10 »
Второго класса на УКВ диапазоне	20 »
Первого и второго классов:	
на КВ диапазоне	200 »
на СВ и ДВ диапазонах	150 »
Третьего класса:	
на УКВ диапазоне	30 »
на СВ и ДВ диапазонах	200 »
Четвертого класса на СВ и ДВ диапазонах	300 »

Чувствительность переносных радиоприемников с ферритовыми, рамочными и штыревыми антеннами выражают через напряженность электромагнитного поля в месте расположения приемного устройства, необходимую для получения на выходе приемника указанной выше выходной мощности 50 *мвт*. В этих случаях чувствительность выражается в единицах измерения напряженности электромагнитного поля (*мв/м*).

Переносные ДВ—СВ приемники с магнитными антеннами, выпускаемые отечественной промышленностью, обладают чувствительностью 1—6 *мв/м*.

Чем больше общее усиление всех каскадов приемника, тем лучше его чувствительность. Однако он может хорошо принимать лишь те сигналы, уровень которых после усиления значительно превышает уровень собственных шумов приемника (см. § 1-10). При приеме радиовещательных передач уровень сигнала должен быть больше уровня собственных шумов приемника не менее чем в 10 раз (20 *дб*).

Чувствительность регенеративного приемника (см. стр. 109) зависит от величины положительной обратной связи: чем больше обратная связь, тем чувствительность его больше; она может достигать 5—15 *мкв*. Однако при большой обратной связи прием становится неустойчивым.

Чувствительность телевизоров определяют обычно при напряжении на модуляторе кинескопа 10 *в* при глубине модуляции входного сигнала 50%; в зависимости от класса телевизоры имеют следующую чувствительность:

первого класса — не менее 50 *мв*;
второго класса — не менее 100 *мв*;
третьего класса — не менее 275 *мв*.

Избирательность приемника характеризует способность его выделять сигналы радиостанции, на которую он настроен, и подавлять сигналы других радиостанций.

Избирательность по соседнему каналу — способность приемника ослаблять сигналы радиостанций с частотами, близкими к частоте принимаемой радиостанции.

Согласно международным соглашениям радиовещательным станциям, работающим на КВ, СВ и ДВ, отводятся отдельные частотные каналы (см. § 1-6), причем их несущие частоты различаются не менее чем на 10 *кгц*.

Очевидно, что при приеме какой-либо радиовещательной станции «наиболее опасной» является помеха от станции «соседнего (по частоте) канала», т. е. станции, работающей с несущей частотой на 10 *кгц* больше или меньше частоты принимаемой станции. В связи с этим избирательность радиовещательного приемника по соседнему каналу характеризуют числом, показывающим, на сколько децибел (или во сколько раз) приемник хуже усиливает сигнал радиостанции, частота которой отличается от частоты принимаемой станции на 10 *кгц* (в диапазоне УКВ — на 250 *кгц*).

Представление об избирательности приемника дает кривая, показывающая изменение чувствительности приемника при расстройке его от частоты сигнала принимаемой радиостанции (рис. 3-13). Чем круче идут вверх ветви кривой, тем лучше избирательность приемника.

Максимальная чувствительность приемника, имеющего кривую избирательности, показанную на рис. 3-13, составляет 25 *мкв*, а чув-

ствительность его к сигналам с частотами, отличающимися от резонансной частоты на ±10 *кгц*, равна 1 000 *мкв*, т. е. в 40 раз (на 32 *дб*) хуже.

Чем бо́льшим числом децибел выражается избирательность приемника, тем он лучше по этому показателю.

В супергетеродинных приемниках избирательность по соседнему каналу определяется в основном усилителем ПЧ и мало изменяется в пределах диапазона.

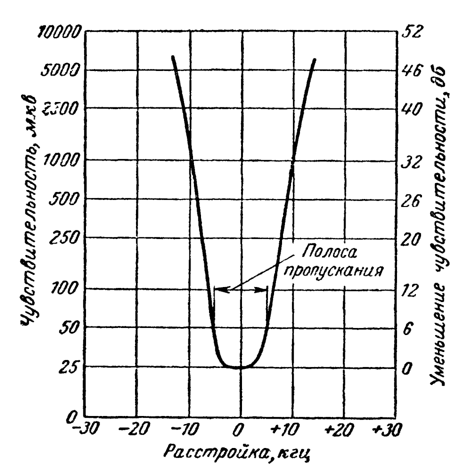


Рис. 3-13. Пример кривой избирательности радиоприемника.

У приемников прямого усиления избирательность по соседнему каналу определяется числом резонансных контуров и существенно зависит от длины волны принимаемой радиостанции: чем короче длина волны, тем избирательность данного приемника хуже.

Избирательность по зеркальному каналу. Супергетеродинный приемник, кроме станции, на которую он настроен, может одновременно принимать станцию, несущая частота которой отличается от принимаемой на удвоенную промежуточную частоту. Эта несущая частота называется частотой зеркального канала.

Например, если гетеродин настроен на частоту 2 000 *кгц*, а промежуточная частота равна 465 *кгц*, то она может быть получена, когда на вход преобразователя поступают сигналы двух частот: 2000—465 = 1 535 *кгц* и 2 000 + 465 = 2 465 *кгц*. Мы говорили, что частота гетеродина берется выше частоты сигнала, т. е. полезным будет сигнал с частотой 1 535 *кгц*. Сигнал же с частотой 2 465 *кгц* создает зеркальную помеху. Так она называется потому, что частоты обоих сигналов одинаково отстоят по частоте от частоты гетеродина.

Ослабление зеркальной помехи осуществляется резонансными контурами входного устройства и усилителя ВЧ, настроенными на частоту принимаемой станции (до преобразователя частоты) Частота зеркальной помехи сильно отличается от частоты принимаемой станции и поэтому значительно ослабляется. Чем выше промежуточная частота и ниже частота принимаемой станции, тем сильнее ослабляется зеркальная помеха.

Избирательность радиовещательных приемников и радиол, выпускаемых отечественной промышленностью, не хуже:

Высшего класса:

на УКВ диапазоне . . . . 30 *дб*

на КВ диапазоне . . . . 60 *дб*
на СВ и ДВ диапазонах . . . . 60 »
Первого класса:
на УКВ диапазоне . . . . 26 »
на КВ диапазоне . . . . 46 »
на СВ и ДВ диапазонах . . . . 46 »
Второго класса:
на УКВ диапазоне . . . . 26 »
на КВ диапазоне . . . . 26 »
на ДВ и СБ диапазонах . . . . 34 »
Третьего класса:
на СВ и ДВ диапазонах . . . . 26 »
Четвертого класса:
стационарные на СВ и ДВ диапазонах . . . . 20 »
переносные на СВ и ДВ диапазонах . . . . 16 »

Чувствительность с гнезд звукоснимателя приемника характеризуется величиной напряжения НЧ, которое нужно подать на эти гнезда (т. е. на вход усилителя НЧ приемника), чтобы получить

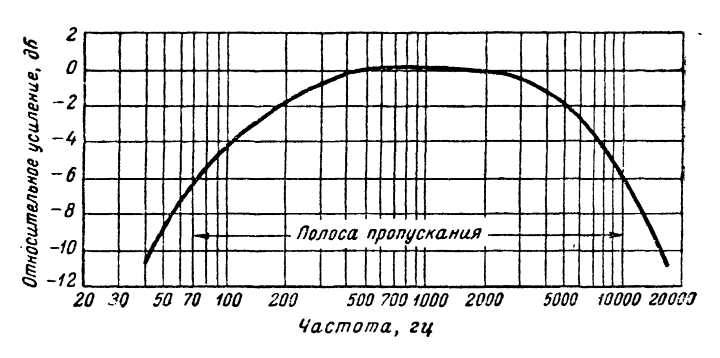


Рис. 3-14. Пример частотной характеристики усилителя НЧ радиовещательного приемника.

на выходе приемника номинальную выходную мощность. Для большинства приемников эта чувствительность составляет около 0,25 *в*.

Качество звуковоспроизведения радиоприемника зависит от возникающих в нем искажений.

Частотные искажения. Чтобы радиопередача воспроизводилась без заметных искажений, приемник должен обеспечить достаточно равномерное усиление всех частот, излучаемых передающей радиостанцией при модуляции. Однако отдельные каскады приемника неодинаково усиливают различные частоты, что и приводит к появлению частотных искажений. О величине этих искажений можно судить по частотным характеристикам, показывающим зависимость усиления от частоты.

В радиовещательных приемниках различают частотную характеристику усилителя НЧ (рис. 3-14) и частотную характеристику

всего приемника в целом, включая громкоговоритель; последняя называется кривой верности. Она выражает зависимость звукового давления, создаваемого громкоговорителями приемника, от частоты НЧ сигнала, которым модулирован ВЧ сигнал, поступающий на вход приемника, при постоянстве уровня этого сигнала и неизменной при всех модулирующих частотах глубине модуляции (на ДВ, СВ и КВ) или девиации частоты (на УКВ). Полоса частот приемников промышленного изготовления обычно определяется по кривой верности. Она определяется частотными характеристиками громкоговорителей и усилителя НЧ, а также полосой пропускания ВЧ части приемника (кроме УВЧ в нее входит преобразователь частоты и УПЧ). Под полосой пропускания ВЧ части радиовещательного приемника на ДВ, СВ и КВ понимают спектр частот, в пределах которого чувствительность приемника уменьшается не более чем в 2 раза (на 6 *дб*) от своего максимального значения. Так, для ВЧ части радиоприемника с резонансной характеристикой по рис. 3-13 полоса пропускания составляет 10 *кгц*.

Усилитель НЧ с частотной характеристикой по рис. 3-14 нижние и верхние звуковые частоты (см. § 27-1) усиливает хуже, чем средние; при этом его полоса частот, в пределах которой усиление снижается не более чем на 6 *дб*, составляет 70—10 000 *гц*.

С учетом частотных искажений, создаваемых громкоговорителем, неравномерность воспроизведения частот в пределах полосы пропускания больше (у заводских приемников до 14—18 *дб*).

Чем шире полоса пропускания и равномернее усиление в ее пределах, тем меньше частотные искажения, лучше качество воспроизведения передач. Однако чрезмерное расширение полосы пропускания ухудшает избирательность приемника.

Государственный стандарт (ГОСТ 5651-64) устанавливает, что частотная характеристика всего тракта усиления (кривая верности) стационарных приемников различных классов в настольном оформлении должна быть не хуже:

Высшего класса:	
при приеме ЧМ сигналов (на УКВ)	60—15 000 *гц*
при приеме АМ сигналов (на КВ, СВ и ДВ) .	60— 6 000 »
Первого класса:	
при приеме ЧМ сигналов (на УКВ)	80—12 000 »
при приеме АМ сигналов (на КВ, СВ и ДВ) .	80— 5 000 »
Второго класса:	
при приеме ЧМ сигналов (на УКВ)	100—10 000 »
при приеме АМ сигналов (на КВ, СВ и ДВ) .	100— 4 000 »
Третьего класса:	
при приеме ЧМ сигналов (на УКВ)	120— 7 000 »
при приеме АМ сигналов (на КВ, СВ и ДВ) .	120— 3 500 »
Четвертого класса:	
при приеме ЧМ сигналов (на УКВ)	200— 6 000 »
при приеме АМ сигналов (на ДВ, СВ и КВ) .	200— 3 000 »

Для приемников высшего, первого и второго классов в мебельном оформлении кривая верности расширяется в области нижних частот до 40, 60 и 80 *гц* соответственно.

ГОСТ допускает увеличение нижней граничной частоты для переносных приемников первого класса до 150 *гц*, второго класса — до 200 *гц*, третьего класса — до 300 *гц* и четвертого класса — до 450 *гц*.

Из приведенных выше данных видно, насколько применение ЧМ позволяет улучшить качество воспроизведения принимаемых радиовещательных передач.

Искажения, вызванные неравномерностью частотной характеристики, воспринимаются на слух следующим образом.

При плохом усилении, или, как говорят, «завале» нижних частот, звучание музыкальных произведений приобретает неприятный металлический характер. При передаче речи завал нижних частот менее заметен. Чрезмерно большое усиление, или, как говорят, «подъем» нижних частот, воспринимается как «бубнящий» звук.

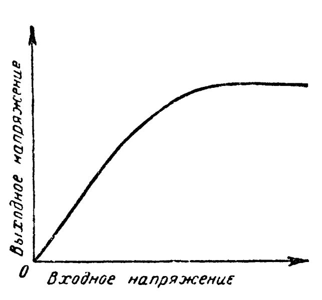


Рис. 3-15. Амплитудная характеристика усилителя НЧ.

Завал верхних звуковых частот воспринимается также как «бубнящий» звук, он становится глухим, как если бы мы его слушали через плотный тяжелый занавес. Подъем верхних звуковых частот приводит к неприятному подчеркиванию шипящих и свистящих звуков.

В некоторых приемниках можно изменять полосу пропускания ВЧ части. При приеме сильных сигналов, когда помехи невелики, выгодна широкая полоса пропускания, так как при этом обеспечивается наиболее высокое качество звучания. Прием дальних радиостанций обычно сопровождается значительными помехами, для уменьшения которых полосу пропускания нужно уменьшать. Устройство, регулирующее полосу пропускания ВЧ части радиовещательного приемника, обычно механически объединяют с регулятором тембра верхних звуковых частот усилителя НЧ (см. разд. 12), так что при уменьшении полосы пропускания одновременно происходит ослабление этих частот в усилителе НЧ радиоприемника.

Нелинейные искажения возникают в радиоустройствах вследствие нелинейности характеристик ЭВП и ППП, кривых намагничивания сердечников выходных трансформаторов и других элементов радиоаппаратуры.

Амплитудной характеристикой радиоустройства, в частности усилителя НЧ, называется кривая, выражающая зависимость выходного напряжения от входного (рис. 3-15).

Если на вход усилителя (или какой-либо другой части схемы), имеющего нелинейную амплитудную характеристику, подать сигнал чисто синусоидальной формы с частотой F, то напряжение на выходе усилителя будет несинусоидальным. При этом, помимо основной частоты, в выходном сигнале появятся составляющие с частотами, кратными основной, т. е. $2F$, $3F$ и т. д. Эти составляющие называются высшими гармониками. Номер гармоники показывает, во сколько раз частота гармоники больше основной частоты.

Создаваемые гармониками нелинейные искажения оценивают при помощи коэффициента гармоник γ, который называют также коэффициентом нелинейных искажений:

$$\gamma = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + P_4 + \cdots}{P_1}}, \qquad (3\text{-}1)$$

где P_1 — мощность колебаний основной частоты;
$P_2, P_3, P_4 \ldots$ — мощности возникших колебаний с частотами второй, третьей, четвертой и т. д. гармоник.

Для неискаженного воспроизведения звука коэффициент нелинейных искажений не должен превышать 5—7%.

К нелинейным относятся и **взаимномодуляционные искажения.** Большинство источников звука создает одновременно ряд тонов. Если на вход усилителя с нелинейной амплитудной характеристикой подать, например, два напряжения с различными частотами F_1 и F_2, то на выходе усилителя появятся напряжения с «комбинационными» частотами F_1+F_2 и $F_1—F_2$. В возникновении этих частот и заключается сущность взаимномодуляционных искажений.

Заметность нелинейных искажений. Нелинейные искажения изменяют тембр звука, в воспроизводимом сигнале появляются хрипы, шорохи и трески, разборчивость передачи ухудшается. При очень значительных нелинейных искажениях передача делается совершенно неразборчивой. Нелинейные искажения тем заметнее, чем шире воспроизводимая полоса частот. Наиболее заметные нелинейные искажения создаются гармониками, находящимися в полосе частот 800—2 000 *гц* (область наивысшей чувствительности уха). Заметность нелинейных искажений зависит и от того, какие гармоники преобладают в искаженном сигнале. Четные гармоники относительно мало заметны на слух, особенно при воспроизведении музыки. Наиболее неприятны для слуха искажения, вызываемые третьей гармоникой. Из комбинационных частот наиболее интенсивны разностные частоты $F_1—F_2$ и т. д.

Качество изображения на экране кинескопа телевизора оценивается по его яркости, контрастности, четкости и линейности. Все эти элементы качества изображения наиболее удобно определять, пользуясь испытательной таблицей, передаваемой телевизионными центрами и станциями для настройки телевизоров (рис. 3-16).

Нелинейные искажения, возникающие в канале изображения телевизора, приводят к нарушению соотношения яркостей отдельных элементов изображения.

Контрастность — отношение яркостей наиболее светлой и наиболее темной частей изображения; ее считают хорошей, если в принимаемом изображении различают наибольшее число световых оттенков. Контрастность связана с яркостью изображения; увеличение яркости требует увеличения контрастности, и наоборот. Контрастность и яркость изображения считают нормальными, если на деталях испытательной таблицы, отмеченных цифрой 1, можно различить 6—8 постепенных переходов — градаций яркости.

Четкость характеризуется возможностью различать на экране кинескопа мелкие детали изображения; она зависит от ширины по-

лосы пропускания всех усилителей канала изображения телевизора. Частотные искажения в канале изображения приводят к ухудшению качества изображения. Завал частотной характеристики в области верхних частот уменьшает четкость изображения. Завал частотной характеристики в области нижних частот ухудшает качество передачи крупных элементов изображения.

Используя испытательную таблицу, четкость изображения в середине экрана определяют по вертикальному клину *2*. Он состоит из отдельных линий, плавно расходящихся от центра круга. Справа от клина нанесены числа 300, 400, 500 и 600; четкость изображения

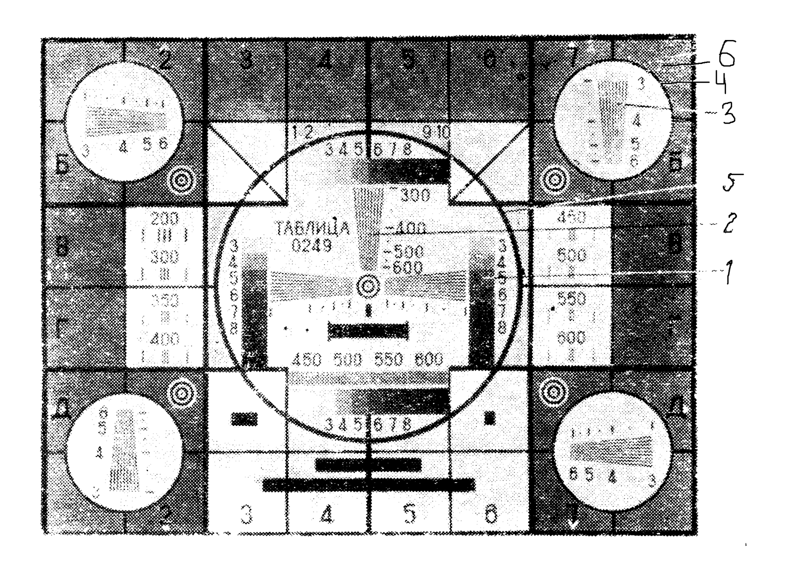


Рис. 3-16. Телевизионная испытательная таблица.

пропорциональна указанным числам, которые условно называют «числами строк». По тому, на каком горизонтальном уровне линии, составляющие клин, сливаются (становятся неразличимыми), судят о четкости изображения. Если, например, линии раздельно видны до числа 500, а далее сливаются, говорят: четкость равна 500 строкам и т. д.

Для оценки четкости в углах изображения используются клинья *3* с нанесенными около них цифрами 3, 4, 5 и 6 (вместо чисел 300, 400, 500 и 600). Определение четкости по углам изображения производится в том же порядке, что и в центре.

Из-за несовершенства кинескопов и других частей телевизоров четкость в углах ниже, чем в центре.

Линейность. Под линейностью понимают геометрическую правильность воспроизведения изображения на экране телевизора.

Для проверки линейности используются круги 4 и 5 в центре и по углам, а также квадраты 6 испытательной таблицы. Линейность считается удовлетворительной, если круги имеют правильную форму, а различий в размерах квадратов не заметно. Если центральный круг приплюснут с правой или левой стороны, то это говорит о плохой линейности изображения по горизонтали. Если приплюснута или вытянута верхняя или нижняя часть центрального круга, то неудовлетворительна линейность по вертикали.

На телевизионной испытательной таблице имеется ряд других изображений, о которых мы не упомянули. Они предназначены для

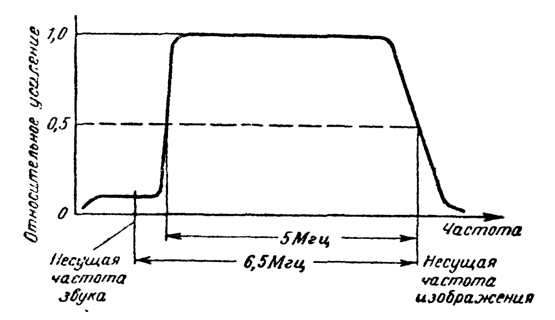


Рис. 3-17. Идеализированная частотная характеристика канала усиления ПЧ телевизионного приемника.

настройки телевизоров по испытательной таблице в заводских условиях.

Подавление помехи от сигнала звукового сопровождения. В телевизорах, где для приема звукового сопровождения используются биения между несущими частотами изображения и звука (см. рис. 3-11), сигнал звукового сопровождения с несущей частотой 6,5 *Мгц*, поступающий на управляющий электрод кинескопа, может создать на его экране мелкую сетку. Степень подавления такой помехи определяется формой частотной характеристики общего УПЧ телевизора. Помеха от сигнала звукового сопровождения будет на экране незаметна, если напряжение этого сигнала на выходе видеодетектора не превысит 5—10% величины напряжения сигнала изображения. Для этого участок частотной характеристики УПЧ, в середине которого находится промежуточная частота звука, должен располагаться на уровне 0,1—0,05 максимального усиления в полосе пропускания (рис. 3-17). Участок этот в пределах 0,5 *Мгц* должен иметь вид «ступеньки». Ширина ее должна быть несколько шире полосы частот, занимаемой сигналом звукового сопровождения, чтобы при изменении частоты гетеродина сигнал звукового сопровождения не оказался на склоне частотной характеристики УПЧ. Если же сигнал звукового сопровождения окажется на склоне частотной характеристики, то в такт со звуковым сопровождением на экране телевизора появятся темные мешающие горизонтальные полосы.

Ширина полосы пропускания усилителя ПЧ отсчитывается справа на уровне 0,5, а слева — 0,7 по сравнению с максимальным усилением в полосе пропускания.

Помехами сигналам изображения могут быть также частоты звукового сопровождения и изображения соседних телевизионных каналов. Сигналы этих частот должны быть ослаблены на видеодетекторе по отношению к уровню сигнала изображения принимаемой станции не менее чем в 30—100 раз.

Потребляемая мощность — электрическая мощность, которую приемник (телевизор) расходует от источника питания (сеть переменного тока, гальваническая или аккумуляторная батарея и т. п.). По величине этой мощности судят об экономичности приемника. Питание ламповых батарейных приемников значительно дороже, чем сетевых. В описаниях батарейных приемников часто указывают не мощность, а потребляемые ими от источников питания токи.

Устойчивость работы. Работу приемника (телевизора) считают устойчивой, если при изменении питающих напряжений, смене ламп, изменении параметров ЭВП и ППП со временем, изменении температуры и влажности окружающего воздуха основные качественные показатели радиоприемника изменяются мало.

Приемник должен устойчиво работать также при изменении в широких пределах входного сигнала. Нижний предел — наименьшее напряжение входного сигнала — определяется чувствительностью, а верхний предел — способностью приемника к перегрузкам. Если при значительном увеличении входного сигнала радиоприемник обеспечивает устойчивый и неискаженный прием, то говорят, что он «не боится перегрузок».

С т а б и л ь н о с т ь ч а с т о т ы г е т е р о д и н а супергетеродинного приемника, т. е. постоянство этой частоты, является одним из условий устойчивого приема радио- и телевизионных сигналов.

Так как промежуточная частота супергетеродина равна разности частот гетеродина и принимаемого сигнала, изменение частоты гетеродина приводит к изменению ПЧ. Поскольку УПЧ пропускает лишь относительно узкую полосу частот и имеет постоянную настройку, при изменении частоты гетеродина он оказывается расстроенным относительно промежуточной частоты и усиление его, а следовательно, и чувствительность радиоприемника уменьшаются. Кроме того, значительно возрастают искажения сигнала.

РАЗДЕЛ 4

СХЕМЫ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ И КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ВЧ

4-1. СХЕМЫ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ

Входное устройство радиовещательного приемника при приеме на ДВ, СВ и КВ состоит, как правило, из одного или нескольких резонансных контуров, настраиваемых на частоту принимаемого сигнала, и элемента связи антенны с этим контуром. Благодаря резонансным свойствам контура напряжение сигнала на нем превышает э. д. с. сигнала, действующего в антенне.

Число, показывающее, во сколько раз напряжение сигнала на контуре больше э. д. с. сигнала в антенне, называется **коэффициентом передачи** входного устройства; последний зависит от диапазона частот, способа и величины связи антенны с входным резонансным контуром и добротности его. Добротность контура — параметр, характеризующий отношение полной энергии, получаемой за период колебания, к энергии, которая теряется в контуре за период. Чем меньше потери энергии в контуре, тем выше его добротность.

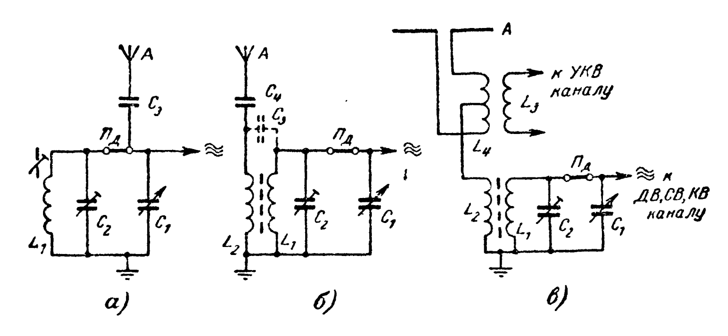


Рис. 4-1. Схемы входных устройств ламповых приемников.

а — с емкостной связью; *б* — с индуктивной связью; *в* — то же в АМ-ЧМ приемниках.

На схеме рис. 4 1 и в других схемах для упрощения показаны контурные катушки одного диапазона. $П_Д$ — контакты переключателя диапазонов, с помощью которого включаются другие катушки.

Емкостная связь (рис. 4-1, *а*). Антенна подключена к входному контуру $L_1C_1C_2$ через конденсатор связи C_3. Чем больше его емкость, тем выше коэффициент передачи входной цепи.

Недостатком емкостной связи является большая зависимость коэффициента передачи входной цепи от частоты: чем выше частота, на которую настроен входной контур, тем больше коэффициент передачи.

Индуктивная связь (рис. 4-1, *б*). Коэффициент передачи входного устройства по этой схеме меньше зависит от частоты. Катушка L_2 вместе с емкостью и индуктивностью антенны образует контур, резонансная частота которого должна быть ниже наименьшей частоты, на которую настраивается входной контур. Для этого катушка L_2 должна иметь в 2—3 раза больше витков, чем катушка входного контура L_1. Для выравнивания коэффициента передачи по диапазону (увеличения его на высших частотах) иногда включают конденсатор C_3 емкостью 5—10 *пф*.

Типичные значения коэффициента передачи: на ДВ — 5—7, на СВ — 7—10 и на КВ — 2—4.

Конденсатор C_4 служит для защиты приемника от переменного тока, если произойдет случайно замыкание антенны с электросетью.

Схема с апериодическим входом. В некоторых простых приемниках, рассчитанных для приема близко расположенных радиовещательных станций, вместо входного колебательного контура (рис. 4-1, *а*) включают резистор сопротивлением 100—470 *ком*. При этом конденсатор C_3 должен иметь емкость 100—470 *пф*. Коэффициент передачи такого входного устройства — около единицы.

Входное устройство с магнитной антенной. Магнитная антенна используется при приеме на ДВ и СВ. Она представляет собой плоский или цилиндрический стержень из феррита, на который намотана катушка входного контура (см. стр. 629).

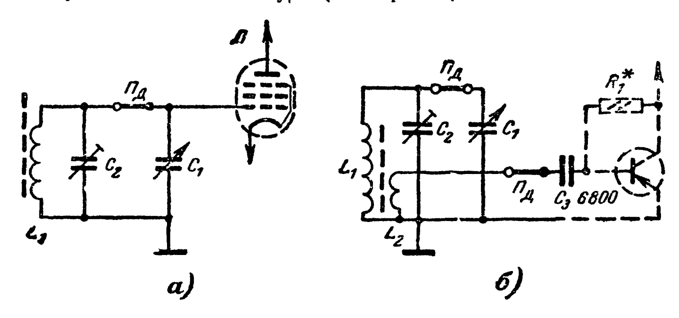


Рис. 4-2. Схемы входных устройств приемников с магнитными антеннами.

Магнитная антенна обладает направленными свойствами: с одних направлений она принимает сигналы радиостанций лучше, чем с других. Поэтому в стационарном приемнике ее можно поворачивать. Малогабаритный приемник поворачивают вместе с антенной. Благодаря направленным свойствам магнитная антенна позволяет ослабить помехи, если сигнал и помехи приходят с различных направлений.

В ламповом приемнике напряжение на управляющую сетку радиолампы подается с концов катушки L_1 (рис. 4-2, *а*); в транзисторном приемнике используется схема по рис. 4-2, *б*. В последней имеется возможность плавной регулировки связи между входным контуром и входным каскадом изменением расстояния между катушкой связи L_2 и катушкой контура L_1. Для этого катушка связи L_2 наматывается на бумажном кольце, которое может передвигаться по стержню магнитной антенны. Число витков этой катушки в 10—50 раз меньше числа витков катушки L_1. Коэффициент передачи зависит от добротности контура L_1C_1, числа витков катушки L_2 и положения ее на стержне по отношению к катушке L_1. Положение катушки L_2 на сердечнике и число витков ее подбираются опытным путем при налаживании приемника.

Для повышения коэффициента передачи входного устройства и улучшения избирательности катушки магнитной антенны L_1 следует наматывать литцендратом или проводом ПЭЛШО 0,15—0,25. При использовании конденсатора переменной емкости с максимальной емкостью около 500 *пф* число витков для СВ диапазона 60—

80, для ДВ диапазона 200—300 (см. рис. 4-2). Катушку связи L_2 можно намотать проводом диаметром 0,1—0,2 *мм* в любой изоляции. Коэффициент передачи входного устройства транзисторного приемника с магнитной антенной не больше 2—4.

На рисунках этого раздела нижние концы катушек входных колебательных контуров заземлены. На практике, если через эти катушки на управляющие сетки ламп или базы транзисторов подается напряжение АРУ, эти концы катушек соединяют с корпусом (шасси приемника) через конденсаторы с емкостью в 10—20 раз большей максимальной емкости конденсатора настройки контура.

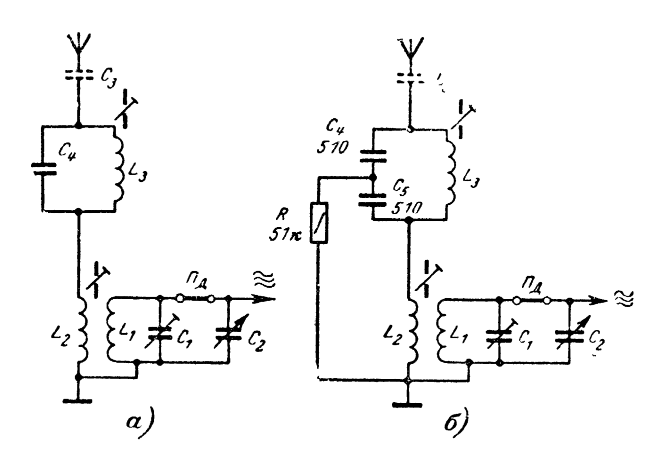


Рис. 4-3. Схемы входных устройств с заграждающими фильтрами.

Входные цепи УКВ диапазона. При приеме на УКВ диапазоне применяют обычно симметричные антенные вибраторы, связывая их с входными контурами индуктивно. Для сохранения симметрии катушка связи должна быть полностью изолирована от земли либо заземлена ее средняя точка (иногда через конденсатор емкостью 12—51 *пф*). В радиовещательных приемниках средняя точка катушки связи внутренней УКВ антенны приемника соединяется с катушками связи ДВ, СВ и КВ диапазонов (рис. 4-1, *в*). При этом внутренняя УКВ антенна используется и для приема на ДВ, СВ и КВ.

Фильтры для подавления помех. Во входных устройствах супергетеродинных приемников применяют фильтры, ослабляющие в 10—100 раз помехи, частоты которых равны или близки к промежуточной частоте приемника. Фильтр представляет собой резонансный контур, настроенный на промежуточную частоту (L_3C_4 на рис. 4-3, *а* и $L_3C_4C_5$ на рис. 4-3, *б*). По таким же схемам можно выполнить фильтр для ослабления мешающего действия местной мощной станции, когда избирательность приемника оказывается недостаточной. При этом фильтр настраивают на частоту мешающей станции.

4-2. СХЕМЫ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ВЧ

Каскады усиления ВЧ выполняются на электронных лампах или транзисторах с резонансными контурами или без них. Последние называют апериодическими усилителями.

Апериодические усилители увеличивают только чувствительность, а резонансные увеличивают и чувствительность, и избирательность приемника. Оба типа усилителей ВЧ уменьшают излучение антенной колебаний гетеродина или регенеративного детектора.

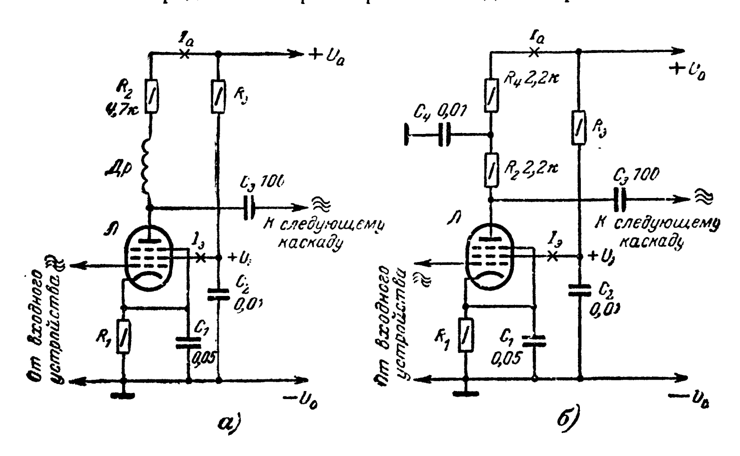


Рис. 4-4. Схемы апериодических каскадов усиления ВЧ на пентодах.

При сильных помехах в месте приема применение каскадов УВЧ не имеет смысла.

Апериодические усилители с пентодами. **Апериодический каскад дает тем большее усиление, чем больше крутизна характеристики примененной в нем лампы и сопротивление резистора R_2 анодной нагрузки (рис. 4-4). При использовании в таком каскаде пентода 6Ж5П, 6К4П или 6Ж4 усиление его по напряжению 15—25 на ДВ и СВ и 5—8 на КВ.** Каскад по схеме на рис. 4-4, *а* дает более равномерное усиление по диапазонам, чем каскад по схеме на рис. 4-4, *б*.

Дроссель *Др* содержит 25 витков провода ПЭЛ 0,15; намотка однослойная на каркасе диаметром 12 и высотой 25 *мм*.

Усилители по схемам на рис. 4-4, *а* и *б* могут быть также применены в виде приставок к готовым приемникам, не имеющим усилителей ВЧ. В последнем случае правую по схеме обкладку конденсатора C_3 соединяют с гнездом «Антенна» приемника, а питание усилителя ВЧ осуществляют от выпрямителя приемника. Токи, потребляемые апериодическим усилителем, невелики (табл. 4-1), поэтому подключение его не нарушает режимов работы ламп приемника. Практические схемы таких приставок см. на стр. 175.

Апериодические усилители с транзисторами. Усиление по напряжению апериодического ВЧ каскада на транзисторе (рис. 4-5) равно 5—8 .

Таблица 4-1

Режимы апериодических каскадов усиления ВЧ по схемам на рис. 4-4

Тип лампы	6Ж5П	6К4П	6Ж4
$U_а$, *в*		150—250	
$U_э$, *в*		60—100	
$I_а$, *ма*	6—8	6—8	8—10
$I_э$, *ма*	1,5—2	2—4	1,5—2,5
R_1, *ом*	200	68	160
R_3, *ком*	68	51	68

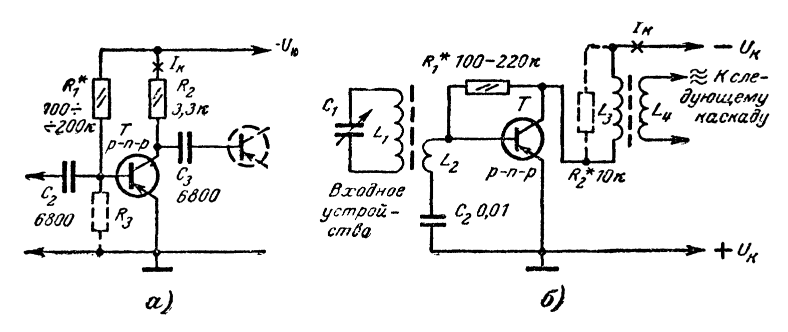


Рис. 4-5. Схемы апериодических каскадов усиления ВЧ на транзисторах.

а — с емкостной связью; *б* — с индуктивной связью.

При работе только в диапазоне ДВ можно использовать транзистор П15, а для работы в диапазонах СВ и ДВ — транзисторы П15, П401, П402, П403, П421—П423.

Катушки L_3 и L_4 наматывают на общем кольце с наружным диаметром 9 *мм* из феррита марки 600 НН. Катушка L_3 имеет 300 витков, а катушка L_4 60 витков провода ПЭЛ 0,08.

При напряжении питания $U_к = 4{,}5 \div 9$ *в* ток коллектора $I_к$ каскада на транзисторе П15 0,1—0,5 *ма* и на транзисторах П401—П403, П421—П423 0,5—2,0 *ма*.

Резонансные усилители с пентодами (рис. 4-6, табл. 4-2) применяют в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Применение пентодов обусловлено малой проходной емкостью их, что обеспечивает отсутствие

самовозбуждения каскада, и высокой крутизной, обеспечивающей высокий коэффициент усиления каскада.

Коэффициент усиления каскада тем меньше, чем выше частота, так как добротности контуров с частотой уменьшаются.

Резонансный контур в УВЧ является нагрузкой анодной цепи радиолампы или цепи коллектора транзистора и настраивается на частоту сигнала. В зависимости от способа включения контура различают схемы с непосредственной, автотрансформаторной и индуктивной (трансформаторной) связью. Наиболее распространены схемы с непосредственной и индуктивной связью.

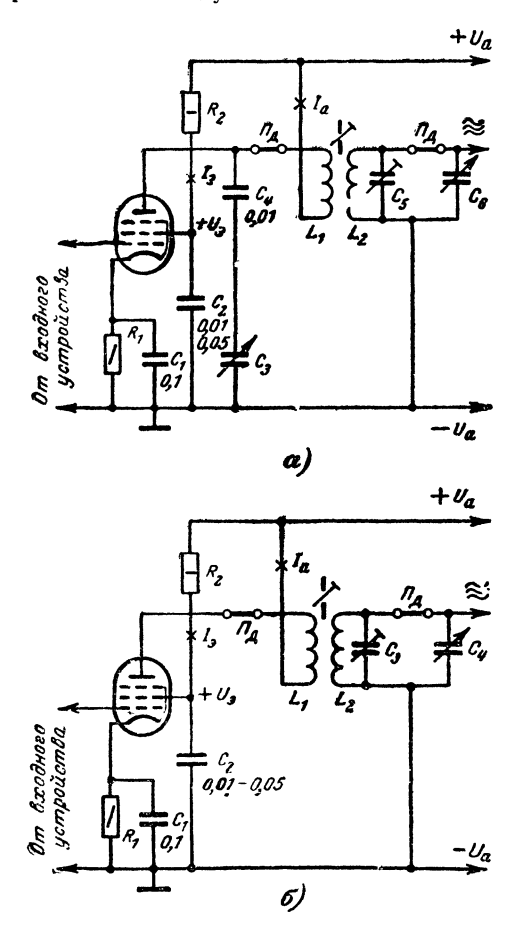


Рис. 4-6. Схемы резонансных каскадов усиления ВЧ на пентодах.

Таблица 4-2

Режимы резонансных каскадов усиления ВЧ по схемам на рис. 4-6

Тип лампы	6К1П	6К4П	6Ж3П	6Ж4П	6Ж5П	6Ж8
$U_а$, *в*	150—250					
$U_э$, *в*	60—100	60—100	100—150	100—150	80—150	60—100
R_1, *ом*	300	68	200	68	160	750
R_2, *ком*	75	51	51	22	51	180
$I_а$, *ма*	5—7	9—11	5—7	2—4	7—10	2—3
$I_э$, *ма*	2,5—2,5	2—4	1—2	7—10	1—2	0,5—0,8

В схеме по рис. 4-6, *а* два резонансных контура. Первый из них состоит из катушки индуктивности L_1 и конденсаторов C_3 и C_4. Последний служит для предохранения от короткого замыкания источника питания анодной цепи при случайном соединении между ротором и статором конденсатора C_3. Второй контур $L_2C_5C_6$.

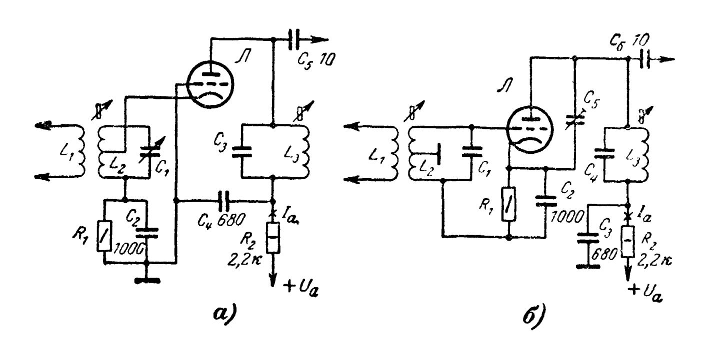


Рис. 4-7. Схемы каскадов усиления ВЧ для УКВ диапазона.

а — с заземленной сеткой; *б* — с заземленной средней точкой резонансного контура.

Усилитель по схеме на рис. 4-6, *б* содержит только один резонансный контур и дает меньшее усиление, однако он более прост в изготовлении и налаживании, менее склонен к самовозбуждению.

В каскадах ВЧ сетевых приемников применяют высокочастотные пентоды 6К1П, 6К4П, 6К3 с переменной крутизной характеристики. В каскадах сетевых приемников прямого усиления, где АРУ не применяется, используют также пентоды 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж4П, 6Ж5П, 6Ж8.

В батарейных приемниках используют пентоды 1К1П и 1К2П. При этом резистор R_1 и конденсатор C_1 из схем по рис. 4-6 исключаются.

Резонансные каскады в усилителях ВЧ УКВ диапазона выполняют на триодах 6С1П, 6С4П, 6Н3П, 6Н14П, так как пентоды на УКВ вносят значительные шумы. Число каскадов УВЧ на этом диапазоне редко превышает 2, причем в них используется главным образом схема с заземленной сеткой или схема с заземленной средней точкой входного контура (рис. 4-7, табл. 4-3).

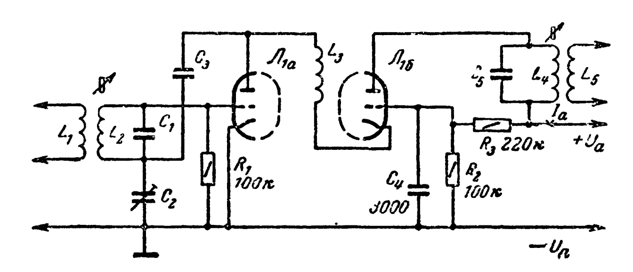


Рис. 4-8. Каскодная схема усиления ВЧ для УКВ диапазона.

Таблица 4-3

Режимы УКВ каскадов усиления ВЧ на триодах по схемам на рис. 4-7 и 4-8

Тип лампы	6Н3П	6Н14П	6С1П	6С4П	6С1Ж
$U_а$, *в**	150	100	150	150	150
$I_а$, *ма*	8	10	4	16	4
R_1, *ом*	240	120	510	68	510

* Для схемы по рис. 4-8 анодное напряжение должно быть примерно в 1,5—2 раза больше.

Наиболее часто используется схема с заземленной средней точкой входного контура (рис. 4-7, *б*). Конденсатор C_6 служит для нейтрализации (устранения влияния) проходной емкости лампы (емкость между анодом и сеткой). В этой схеме коэффициент усиления в 2 раза больше, чем схемы по рис. 4-3, *а*.

Каскодный усилитель ВЧ (рис. 4-8) устойчив в работе и обеспечивает малое «пролезание» частоты гетеродина на вход приемника. Левая часть двойного триода включена по схеме с заземленным катодом, а правая — по схеме с заземленной сеткой. Такой усилитель на лампе типа 6Н3П имеет коэффициент усиления, примерно равный 35—40.

РАЗДЕЛ 5

СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

5-1. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ЛАМПАМИ

Схемы для диапазонов ДВ, СВ и КВ. В преобразователях частоты современных сетевых приемников чаще всего используется лампа 6И1П, а в батарейных — лампа 1И2П. Эти лампы дают большее усиление, а собственные шумы таких преобразователей относительно невелики.

В схемах на рис. 5-1 гетеродин выполнен на триодной части ламп по схеме с индуктивной обратной связью. В смесителе работает гептодная часть той же лампы. Напряжение гетеродина подается в сетки триода на третью сетку гептода.

При использовании лампы 1И2П (рис. 5-1, *б*) один конец нити накала ее соединяется через дроссель *Др* (100 витков ПЭЛ 0,23) с положительным полюсом батареи накала.

Необходимое соотношение между частотами входного и гетеродинного контуров (см. § 3-2, стр. 72) достигается применением контурной катушки с меньшей по сравнению с катушкой входного контура индуктивностью и включением в контур гетеродина конденсаторов C_4 и C_5. Последний называется подстроечным, а конденсатор C_4 — сопрягающим. Конденсатор C_5 может быть включен параллельно конденсатору C_3, а сопрягающий конденсатор C_4 может быть включен последовательно с катушкой L_1 контура гетеродина. Схемы гетеродинов по рис. 5-1 могут обеспечить точное сопряжение в трех точках диапазона: в начале его, середине и конце. Для этого контур гетеродина должен допускать изменение как индуктивности контурной катушки L_1, так и емкости конденсаторов C_4 и C_5. На практике применяют конденсатор C_4 постоянной емкости с допуском ±5%, а регулировку сопряжения производят только в начале диапазона изменением емкости конденсатора C_5 и в конце изменением индуктивности катушки L_1. Основные требования, предъявляемые к гетеродину преобразователя: стабильность частоты при изменениях напряжений источников питания и температуры и постоянство амплитуды генерируемых колебаний во всем диапазоне. Первое требование необходимо для обеспечения постоянства настройки приемника на выбранную радиостанцию, второе — для сохранения чувствительности приемника по диапазону. Для выполнения этих требований как в ламповых, так и в транзисторных приемниках следует тщательно выбирать режимы преобразователя, использовать каркасы для катушек гетеродина с малыми потерями (из ВЧ полистирола, радиофарфора), платы переключателей диапазонов и ламповые панели из керамики, использовать в контуре гетеродина конденсаторы с малыми потерями: керамические и слюдяные (см. § 40-2).

Детали контуров должны располагаться возможно дальше от деталей, выделяющих большие количества тепла: радиоламп, трансформаторов питания и т. д.

Преобразователи частоты УКВ диапазона АМ — ЧМ приемников выполняют обычно на двойных триодах 6Н3П или 6Н14П. Одна половина лампы используется в каскаде

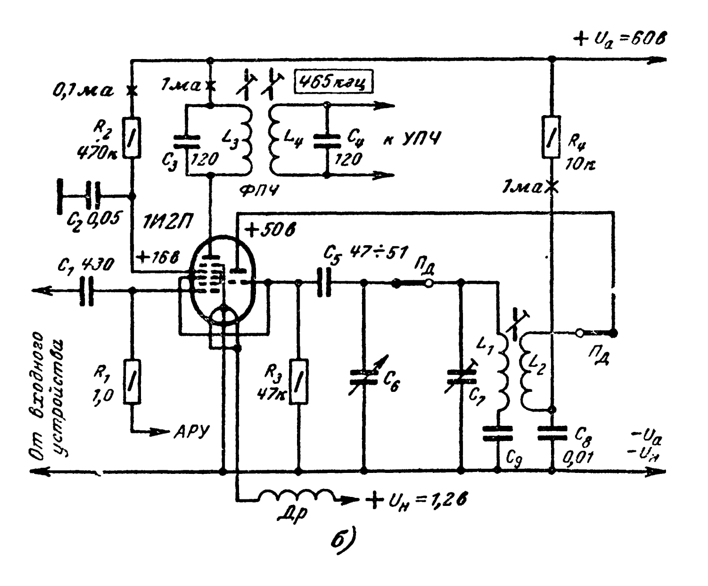


Рис. 5-1. Схемы преобразователей частоты на ДВ, СВ и КВ диапазонах.

а — приемника на подогревных лампах; *б* — приемника на лампах прямого накала.

усиления ВЧ, а вторая в преобразователе частоты. Генератор выполнен по схеме с индуктивной обратной связью; частота колебаний его определяется индуктивностью катушки L_5 и емкостью конденсатора C_8 в схеме на рис. 5-2, *а* или индуктивностью катушки L_4 и емкостями конденсаторов C_5C_9 в схеме на рис. 5-2, *б*. Сигнал ПЧ выделяется на контурах L_7C_{11}. Преобразователь частоты вместе с УВЧ конструк-

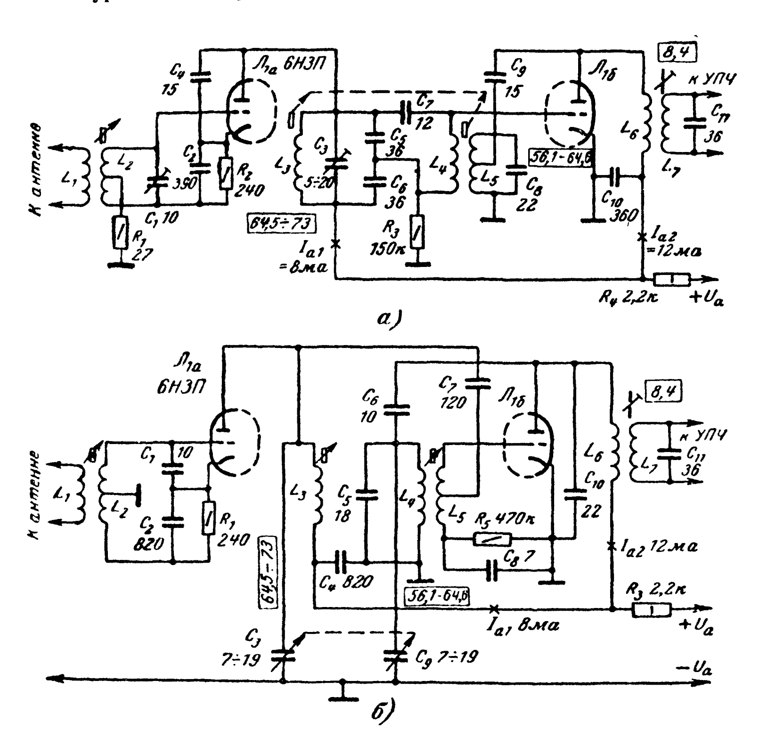


Рис. 5-2. Схемы УКВ блоков радиовещательных АМ-ЧМ приемников.

а — с настройкой резонансных контуров подвижными немагнитными сердечниками катушек индуктивности; *б* — то же конденсаторами переменной емкости.

тивно оформляют в виде так называемого УКВ блока. При настройке его с помощью конденсаторов переменной емкости (рис. 5-2, *б*) сигнал с УВЧ подается на среднюю точку катушки гетеродина L_5. При настройке УКВ блока подвижными немагнитными сердечниками (рис. 5-2, *а*) напряжение ВЧ подается в цепь сетки гетеродина с емкостного делителя C_5, C_6 в анодной цепи УВЧ. При $U_а = 150 \div 200$ *в* $I_{а2} = 10 \div 12$ *ма*, $I_{а1} = 8$ *ма*.

Преобразователи частоты телевизора см. § 13-1.

5-2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ С ТРАНЗИСТОРАМИ

К преобразователям частоты с транзисторами предъявляются те же требования, что и к преобразователям частоты на электронных лампах, и все сказанное о мерах по обеспечению стабильности их работы относится к преобразователям на транзисторах.

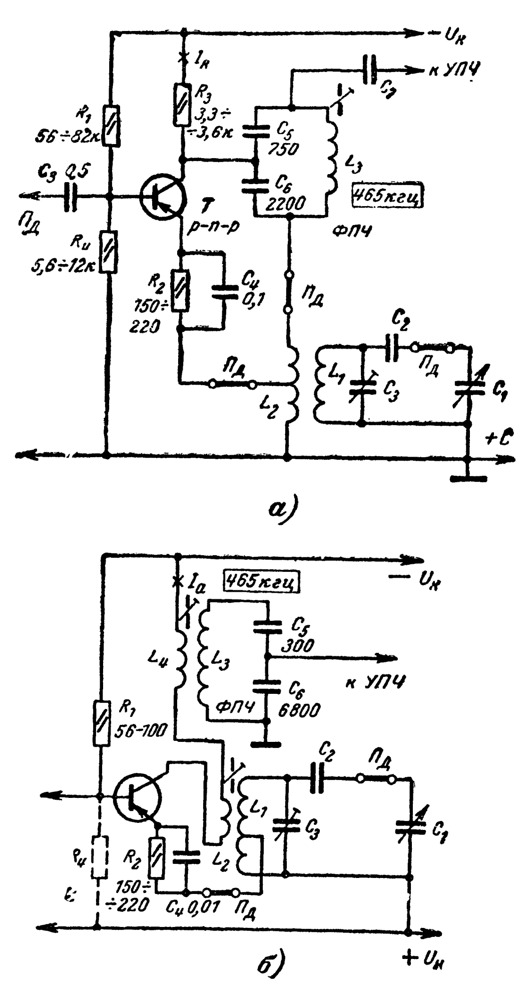


Рис. 5-3. Схемы преобразователей частоты на одном транзисторе для приемников с ДВ и СВ диапазонами.

(R_1=56—100 *ком*)

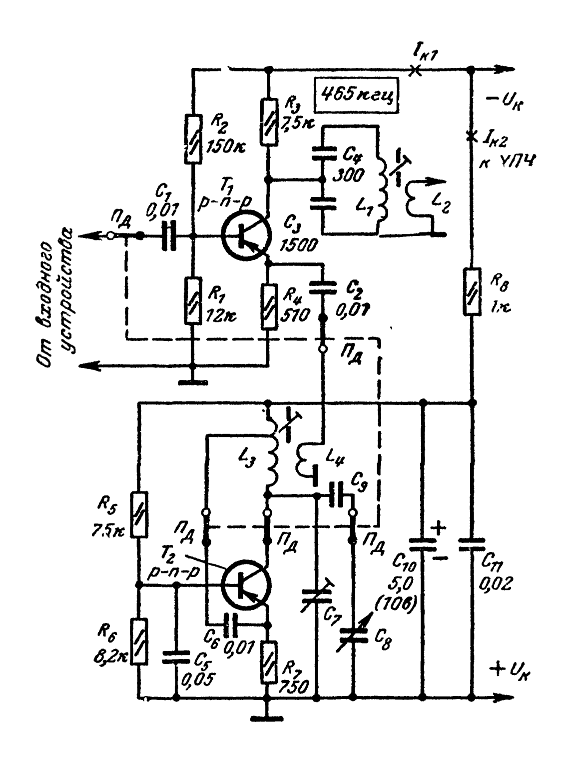


Рис. 5-4. Схема преобразователя частоты на двух транзисторах для приемника с ДВ, СВ и КВ диапазонами.

(Нижний конец катушки h_1 должен быть соединен с шасси).

Кроме того, необходимо обеспечить стабильность режима транзисторов по постоянному току при изменении температуры, что достигается включением в цепь эмиттера транзистора резисторов (R_2 на рис. 5-3) и питанием базы транзистора через делитель из резисторов R_1 и R_4.

Преобразователь частоты на одном транзисторе (рис. 5-3). Преобразователь представляет собой генератор ВЧ по схеме с общей базой. В цепь базы транзистора подается ВЧ сигнал, подлежащий преобразованию. В коллекторную цепь транзистора включен контур, выделяющий напряжение ПЧ. Контур гетеродина образован катушкой индуктивности L_1 и конденсаторами — подстроечным C_3, сопрягающим C_2 и настройки C_1. Фильтр ПЧ образован катушкой индуктивности L_3 и конденсаторами C_5, C_6. В преобразователях приемников СВ и ДВ диапазонов используют транзисторы типов П401, П402, П403, П421—П423. Схемы по рис. 5-3 хорошо работают при напряжении питания $U_к=4{,}5 \div 9$ *в*. Потребляемый ток $I_к = 0{,}5—2$ *ма*.

Преобразователи частоты на двух транзисторах (рис. 5-4) используют в приемниках с КВ диапазонами. На транзисторе T_2 выполнен гетеродин, напряжение ВЧ которого с катушки связи L_4 подается в цепь эмиттера транзистора T_1, являющегося смесителем. В цепь его коллектора включен фильтр ПЧ $L_1C_3C_4$. Использование двух транзисторов обеспечивает более легкое налаживание и устойчивую работу на частотах до 20—25 *Мгц*. Гетеродин выполнен по схеме с общей базой; контур его включен в цепь коллектора транзистора T_2 и образован катушкой индуктивности L_3 и конденсаторами — подстроечным C_7, сопрягающим C_9 и настройки C_8. Напряжение обратной связи подается с части катушки контура L_3 в цепь эмиттера транзистора T_2. Токи, потребляемые преобразователями по схеме на рис. 5-4 при напряжении $U_К = 4{,}5 \div 9$ *в*, составляют: $I_{К1} = 0{,}2 \div 0{,}7$ *ма*; $I_{К2} = 2 \div 3$ *ма*.

РАЗДЕЛ 6

СХЕМЫ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ПЧ

6-1. КАСКАДЫ УСИЛЕНИЯ ПЧ ЛАМПОВЫХ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Усилитель ПЧ определяет избирательность приемника по соседнему каналу, чувствительность его и полосу пропускания, от которой зависит качество воспроизведения передач.

В каскадах такого усилителя используют в большинстве случаев полосовые фильтры, состоящие из двух индуктивно связанных резонансных контуров, настроенных на промежуточную частоту (ФПЧ на рис. 6-1, *а*). Полосовой фильтр обеспечивает высокую избирательность и хорошую равномерность усиления в пределах полосы пропускания.

В простых радиовещательных приемниках и приемниках для любительской связи, особенно с питанием от батарей, применяют

каскады усиления ПЧ с одиночным резонансным контуром, настроенным на промежуточную частоту (рис. 6-1, *б*). Такой каскад по сравнению с каскадом с полосовым фильтром на тех же лампах обладает бо́льшим коэффициентом усиления, однако усиление в полосе пропускания менее равномерно, а избирательность хуже.

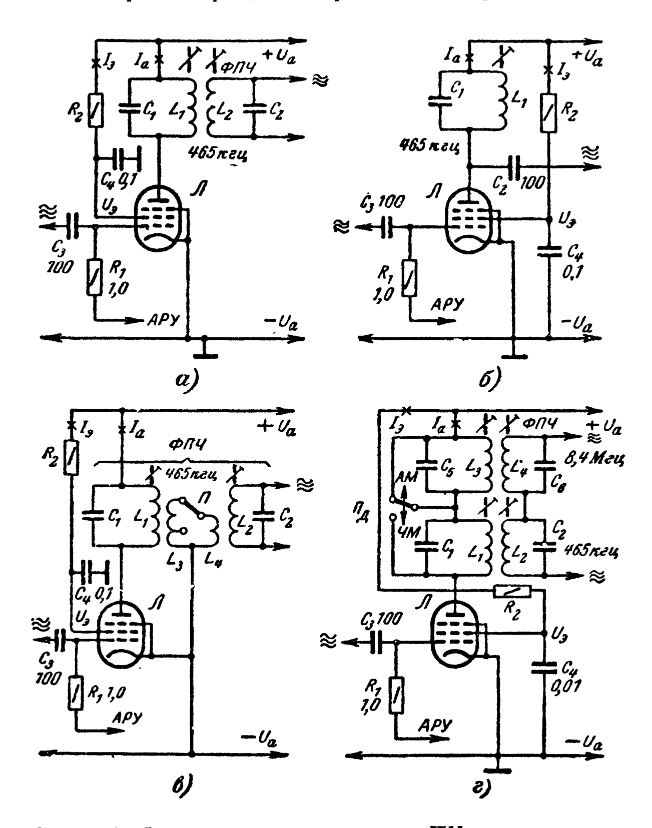


Рис. 6-1. Схемы каскадов усиления ПЧ на пентодах.

а — с полосовым фильтром; *б* — с одиночным резонансным контуром; *в* — с полосовым фильтром, позволяющим изменять полосу пропускания; *г* — с двумя полосовыми фильтрами для АМ-ЧМ приемника.

Требование высокой избирательности приемника противоречит стремлению обеспечить достаточно широкую полосу пропускания. При приеме местных мощных станций или когда помехи со стороны других станций отсутствуют, желательно иметь широкую полосу пропускания. При значительных помехах необходима узкая полоса пропускания. Чтобы получить по возможности лучший прием во всех

случаях, полосу пропускания усилителя ПЧ делают регулируемой в пределах от 3—4 до 10—15 *кгц*.

Наиболее часто применяют ступенчатое регулирование полосы пропускания путем переключения витков связи между контурами полосового фильтра (рис. 6-1, *в*). Катушки связи L_3—L_4 имеют по 3—5 витков, которые наматываются рядом с катушками контуров фильтра ПЧ.

Плавное регулирование ширины полосы пропускания можно осуществить, изменяя расстояние между контурными катушками. Чтобы свести к минимуму расстройку, возникающую при регулировании полосы пропускания из-за влияния экрана фильтра, можно катушки контура разделить на две неравные части и перемещать меньшую из них.

Каскады УПЧ АМ-ЧМ приемников. Каждый такой каскад имеет два полосовых фильтра (рис. 6-1, *г*). Контуры фильтра, предназначенного для пропускания АМ сигналов, настроены на частоту 465 *кгц*, а фильтра для пропускания ЧМ сигналов — на 8,4 *Мгц*. Для предотвращения помех на неиспользуемой промежуточной частоте при работе в АМ диапазоне в некоторых приемниках замыкается один из контуров ЧМ тракта, а при работе в ЧМ диапазоне — один из контуров АМ тракта. Большая разница между резонансными частотами фильтров исключает влияние их друг на друга.

Применяемые лампы. В усилителях ПЧ используют пентоды 1К2П, 6К3, 6К4П или гептодную часть лампы 6И1П. При использовании полосовых фильтров заводского производства и упомянутых подогревных ламп усиление каскада равно 50—100, а при использовании батарейных ламп 5—50.

Таблица 6-1

Типовые режимы ламп и сопротивления резисторов каскадов УПЧ (рис. 6-1)

Типы ламп	1К2П	6К3	6К4П	6И1П*
$U_а$, *в*	60	250	250	250
$U_э$, *в*	30	80	80	80
$I_а$, *ма*	1	10	8	8
$I_э$, *ма*	0,2	3,5	3	3
R_2, *ком*	150	51	47	47

* Гептодная часть.

6-2. КАСКАДЫ УСИЛЕНИЯ ПЧ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Усилитель по схеме на рис. 6-2 содержит апериодический каскад с емкостной связью и резонансный каскад с контуром L_3C_3. Избирательность обеспечивается этим контуром и полосовым фильтром

$L_1C_1L_2C_2$, включенным между усилителем ПЧ и преобразователем частоты.

В усилителе могут быть использованы транзисторы типов П401—П403, П421—П423 с коэффициентом передачи тока $\beta = 30 \div 60$. Достоинством усилителя являются устойчивость его работы и

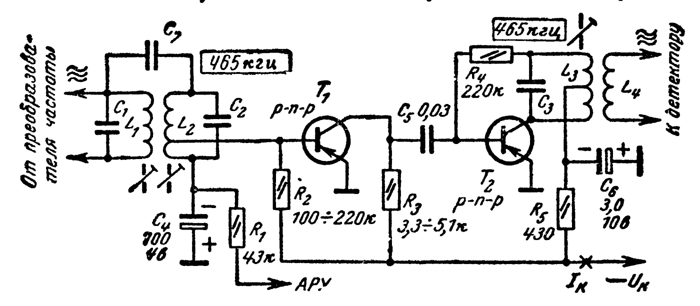


Рис. 6-2. Схема двухкаскадного усилителя ПЧ на транзисторах.

несложное налаживание. Он дает усиление по напряжению около 3 000 (считая от базы транзистора T_1 до входа детектора). Напряжение питания $U_к = 4{,}5 \div 9$ *в*; потребляемый ток $I_к = 1{,}5 \div 2$ *ма*.

6-3. КАСКАДЫ УСИЛЕНИЯ ПЧ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Каскад с двумя сильно связанными контурами (рис. 6-3). Для получения сильной индуктивной связи между контуром в анодной цепи лампы $Л_1$ и контуром в сеточной цепи лампы $Л_2$ катушки индуктивности L_1 и L_2 наматывают на одном каркасе, причем намотка ведется одновременно двумя проводами. Емкости конденсаторов C_4 и C_5 выбирают так, чтобы контур L_1C_4 был настроен на более высокую частоту, чем контур L_2C_5. Благодаря этому частотная характеристика каскада на лампе $Л_1$ получается несимметричной, а усиление на резонансных частотах указанных выше контуров — неодинаковым.

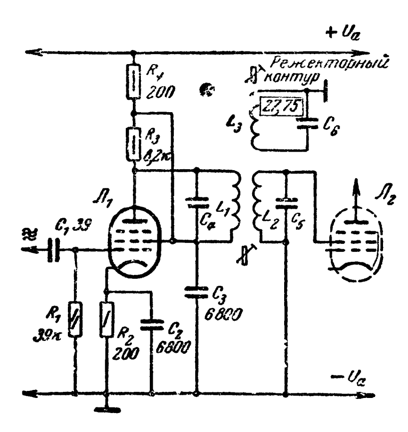


Рис. 6-3. Схема каскада усиления ПЧ телевизора с сильно связанными резонансными контурами.

В области частоты резонанса контура L_2C_5 частотная характеристика имеет примерно такой же вид, как характеристика одиночного резонансного контура.

Наряду с каскадами УПЧ по схеме на рис. 6-3 в телевизорах применяют каскады с одиночными резонансными контурами.

Для получения требуемой частотной характеристики УПЧ телевизора резонансные контуры в каскадах этого усилителя настраивают на различные частоты. Рис. 6-4 иллюстрирует пример формирования частотной характеристики усилителя ПЧ из частотных характеристик K_1—K_4 отдельных резонансных контуров.

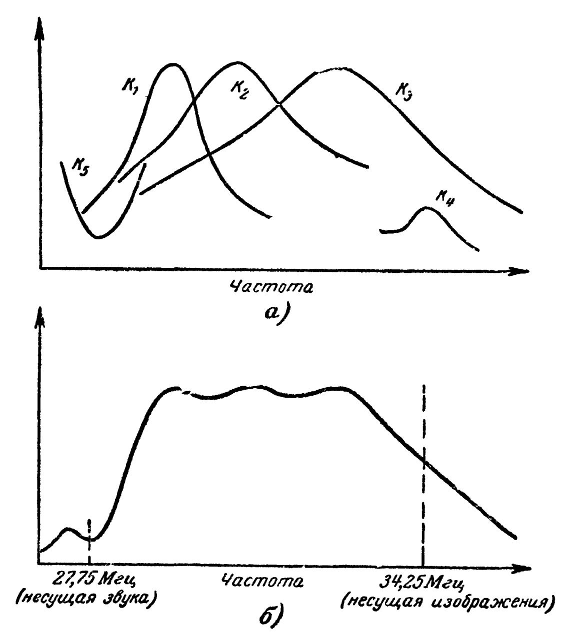


Рис. 6-4. К пояснению принципа формирования частотной характеристики УПЧ телевизора с применением режекторного контура.

а — частотные характеристики отдельных контуров; *б* — общая частотная характеристика.

Для снижения уровня сигнала звукового сопровождения в канале изображения (о необходимости такого снижения сказано на стр. 86) с контуром одного из каскадов УПЧ индуктивно связывают режекторный (отсасывающий) контур, настроенный на несущую частоту звукового сопровождения (контур из катушки индуктивности L_3 и конденсатора C_6 на рис. 6-3). Иногда ставят режекторные контуры во все каскады УПЧ.

Режекторный контур создает дополнительную нагрузку для анодной цепи лампы каскада на частотах звукового сопровождения; он как бы «отсасывает» энергию колебаний этих частот из основных резонансных контуров канала усиления (действие режекторного

контура характеризуется кривой K_5 на рис. 6-4, *а*). Вследствие этого усиление на частотах звукового сопровождения уменьшается, и частотная характеристика усилителя ПЧ приобретает вид, показанный на рис. 6-4, *б* (сравни с частотной характеристикой, показанной на рис. 3-17).

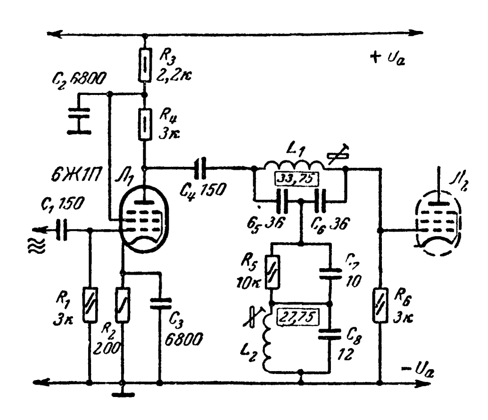


Рис. 6-5. Схема каскада УПЧ телевизора с Т-образным фильтром.

Каскад с Т-образным фильтром (рис. 6-5) позволяет получить необходимую форму частотной характеристики УПЧ без применения режекторных контуров. На несущую ПЧ звука настраивают контур L_2C_7. Достоинством такого каскада является простота настройки при налаживании телевизора. Для получения необходимого усиления УПЧ такой каскад обычно применяют с двумя-тремя каскадами на одиночных или сильно связанных контурах (см. стр. 155).

6-4. ОГРАНИЧИТЕЛИ

С видеодетектора на усилитель разностной (промежуточной) частоты канала звукового сопровождения телевизора по блок-схеме на рис. 3-11 поступает ЧМ сигнал, который одновременно модулирован по амплитуде. Эта модуляция сигнала звукового сопровождения является «паразитной» и для нормальной работы детектора ЧМ колебаний ее надо устранить. Последнее осуществляется ограничителем амплитуды (сокращенно его называют просто ограничителем), каким является последний каскад УПЧ канала звукового сопровождения (рис. 6-6).

Процесс ограничения заключается в следующем: если на управляющую сетку пентода с контура L_2C_2 поступает амплитудно-модулированный сигнал с уровнем, превышающим 1—2 *в*, то в анодной цепи пентода на контуре L_3C_3 получается сигнал практически с не-

изменной амплитудой (рис. 6-7). Такой режим работы каскада обеспечивается при подаче на анод и экранирующую сетку пентода

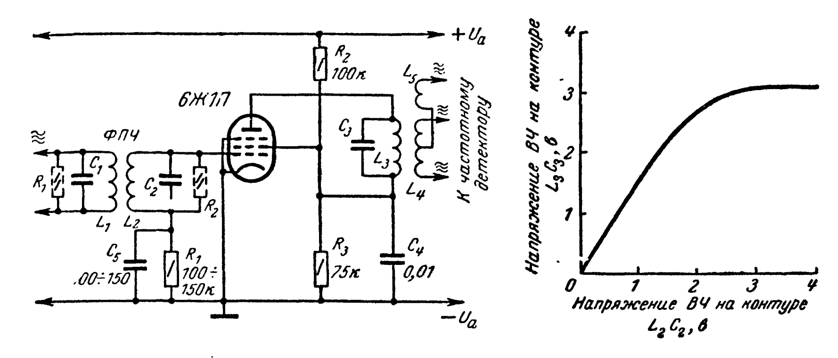


Рис. 6-6. Схема каскада ограничителя амплитуды.

Рис. 6-7. Амплитудная характеристика ограничителя.

пониженного напряжения с делителя напряжения из резисторов R_2 и R_3.

РАЗДЕЛ 7

СХЕМЫ ДЕТЕКТОРОВ

7-1. АМПЛИТУДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ С ДИОДАМИ

В приемниках на радиолампах и транзисторах такие детекторы используют наиболее часто, так как нелинейные искажения сигнала НЧ на выходе детектора незначительны.

В диодных детекторах используют двойные диоды 6Х2П, 6Х6С, диоды комбинированных ламп 6Г2, 6Г3П, 6Б8, полупроводниковые точечные диоды Д1А, Д2Б—Д2Е, Д9В. Желательно применение полупроводниковых диодов с возможно бо́льшими прямыми и меньшими обратными токами.

Все схемы детекторов на рис. 7-1 примерно равноценны.

В схеме по рис. 7-1, *в* напряжение НЧ с нагрузки детектора — резистора R_2 через конденсатор C_3 и регулятор громкости R_1 подается на сетку триодной (пентодной) части лампы, которая работает в каскаде предварительного усиления НЧ.

В транзисторных приемниках часто применяют схему детектора с умножением (рис. 7-2, *б*). Напряжение НЧ на его выходе получается в 1,5—1,7 раза больше, чем в схеме по рис. 7-2, *а*. Схема по рис. 7-2, *б* удобна в случаях, когда предшествующий детектору каскад усиления ВЧ или ПЧ выполнен по схеме с емкостной связью.

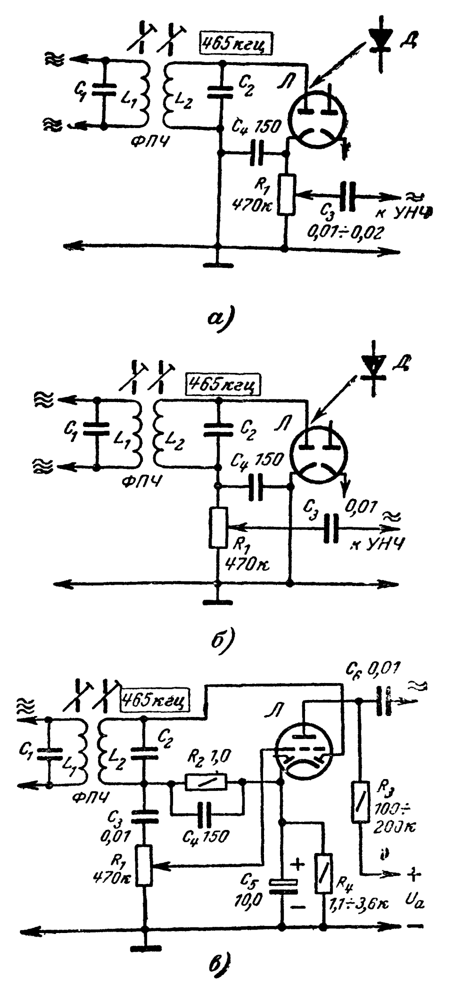


Рис. 7-1. Схемы амплитудных диодных детекторов ламповых радиовещательных приемников.

а — «последовательная» с электровакуумным или полупроводниковым диодом; *б* — то же «параллельная»; *в* — «последовательная» с использованием диода комбинированной радиолампы.

На выходе видеодетектора телевизора включен фильтр $ДрC_2$ (рис. 7-3), подавляющий гармоники промежуточной частоты.

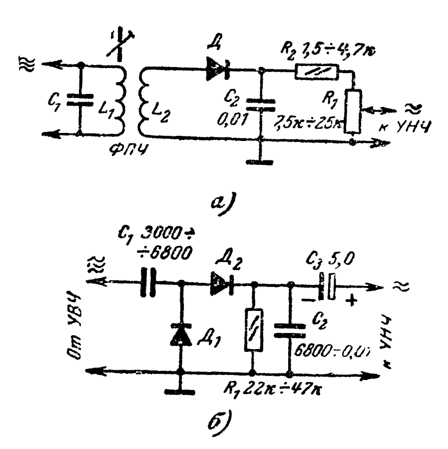


Рис. 7-2. Схемы амплитудных диодных детекторов транзисторных приемников.

а — простейшая; *б* — с удвоением напряжения.

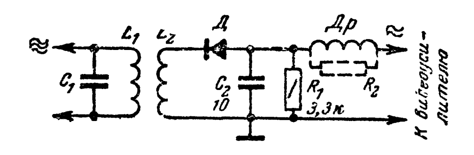


Рис. 7-3. Схема видеодетектора телевизора.

7-2. АМПЛИТУДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ С ТРИОДАМИ И ПЕНТОДАМИ

Сеточный детектор (рис. 7-4), кроме детектирования, обеспечивает усиление сигнала. Поэтому он широко используется в ламповых приемниках прямого усиления (иногда и в малоламповых супергетеродинах). Недостатком сеточного детектора являются значительные нелинейные искажения при большом подводимом к нему сигнале. В схемах сеточных детекторов часто используется положительная обратная связь, позволяющая при том же числе ламп в приемнике увеличить чувствительность его в 15—20 раз.

Детектор с положительной обратной связью называется регенеративным детектором, а приемник, в котором применен такой детектор, — регенеративным приемником.

Причина увеличения усиления при положительной обратной связи заключается в следующем: часть энергии колебаний ВЧ поступает из цепи анода лампы в резонансный контур цепи ее управляющей сетки и частично покрывает потери энергии, которые происходят в этом контуре. Передача энергии из анодной цепи в контур осуществляется с помощью магнитного поля катушки обратной связи L_2, которое воздействует на катушку L_1. Вследствие уменьшения потерь энергии в контуре увеличиваются амплитуды колебаний принятого сигнала в нем, т. е. чувствительность приемника. Она тем

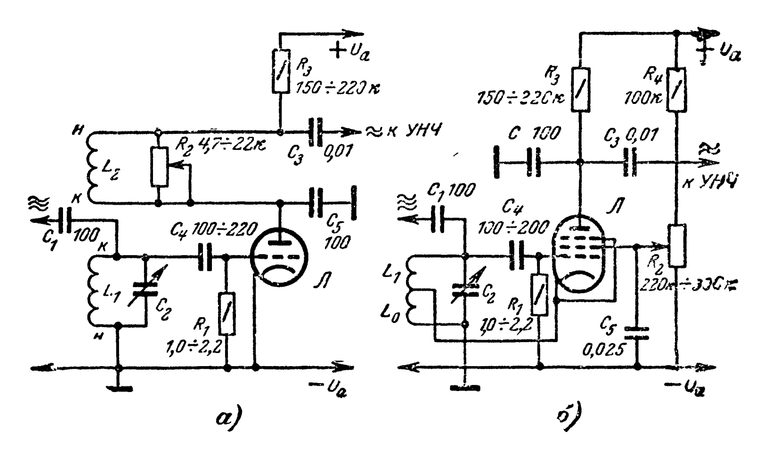


Рис. 7-4. Схемы сеточных детекторов.

больше, чем бо́льшая часть потерь энергии покрывается энергией, приходящей из анодного контура, т. е. чем сильнее обратная связь. Но если обратная связь будет настолько сильна, что все потери в контуре, соединенном с управляющей сеткой, покроются за счет энергии, поступившей из анодной цепи, то в контуре возникнут собственные незатухающие колебания — схема самовозбудится. Эти колебания складываются с принимаемыми колебаниями, вызывая искажения принимаемых радиотелефонных сигналов. Для приема таких сигналов можно применять ту наиболее сильную обратную связь, при которой собственные колебания еще не возникают, но приемник обладает большой чувствительностью и дает большое усиление. Такой метод радиоприема называют приемом «на пороге генерации». При переходе этого порога возникающие в приемнике собственные колебания не только искажают прием, но и мешают приему на другие близрасположенные приемники, так как эти колебания излучаются антенной.

Регулирование обратной связи осуществляют с помощью переменного резистора R_2 (рис. 7-4).

Число витков катушки обратной связи L_2 должно быть в 5—6 раз меньше числа витков контурной катушки L_1. Если обе катушки намотаны в одном направлении, концы катушек необходимо включить, как показано на рис. 7-4, *а*.

В схеме по рис. 7-4, *а* можно использовать любой триод, а в схеме по рис. 7-4, *б* — пентод 6К1П, 6К4П, 6К7 или 6Ж8.

Анодный детектор (рис. 7-5) применяют в ламповых приемниках прямого усиления. К малым сигналам он менее чувствителен, чем сеточный детектор, а при больших сигналах вносит заметные на слух нелинейные искажения. В анодном детекторе рекомендуется применять пентод 6Ж3П или 6Ж8.

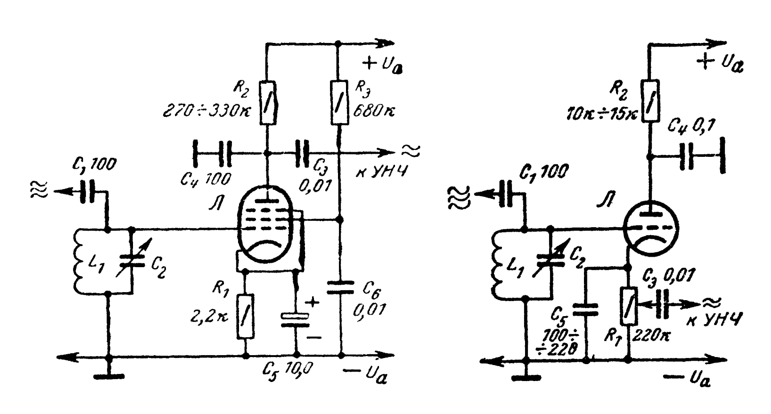


Рис. 7-5. Схема анодного детектора.

Рис. 7-6. Схема катодного детектора.

Катодный детектор (рис. 7-6). Основным достоинством его является то, что он почти не вносит нелинейных искажений, даже при больших сигналах. В катодном детекторе можно использовать любой триод или пентод с экранирующей сеткой, соединенной с анодом.

7-3. АМПЛИТУДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ С ТРАНЗИСТОРАМИ

Детекторы на транзисторах выполняют главным образом по схемам, показанным на рис. 7-7, которые аналогичны схемам анодного и сеточного детекторов на электронных лампах. Схемы по рис. 7-7 дают усиление сигнала; коэффициент передачи их равен 10—30. Напряжение НЧ на выходе детектора в 10—30 раз больше, чем напряжение ВЧ сигнала, поступающего в цепь базы транзистора.

Число витков катушки связи L_2 в схеме по рис. 7-7, *а* в 2—3 раза меньше числа витков контурной катушки L_1. В схемах детекторов можно использовать транзисторы таких же типов, как и в каскадах ВЧ или ПЧ.

7-4. ЧАСТОТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Назначение частотного детектора — преобразование модулированного по частоте ВЧ сигнала в НЧ сигнал, амплитуда которого изменяется в соответствии с изменениями частоты ЧМ сигнала. Наи-

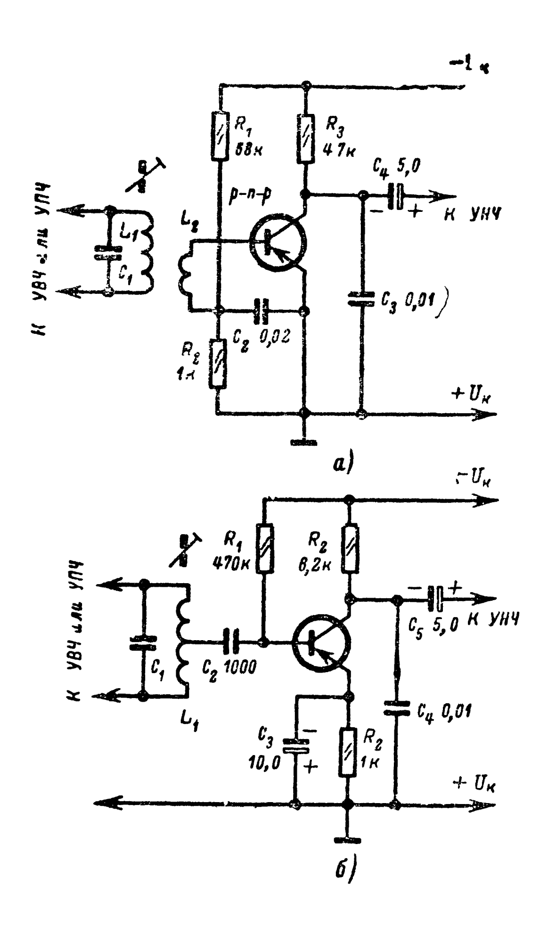


Рис. 7-7. Схемы транзисторных детекторов.

более распространен детектор отношений (называется также дробным детектором). Он не реагирует на изменения амплитуды сигнала и поэтому мало чувствителен к воздействию паразитной амплитудной модуляции. Однако в телевизионных приемниках наличие ограничителя перед детектором все же обязательно по причинам, указанным на стр. 106.

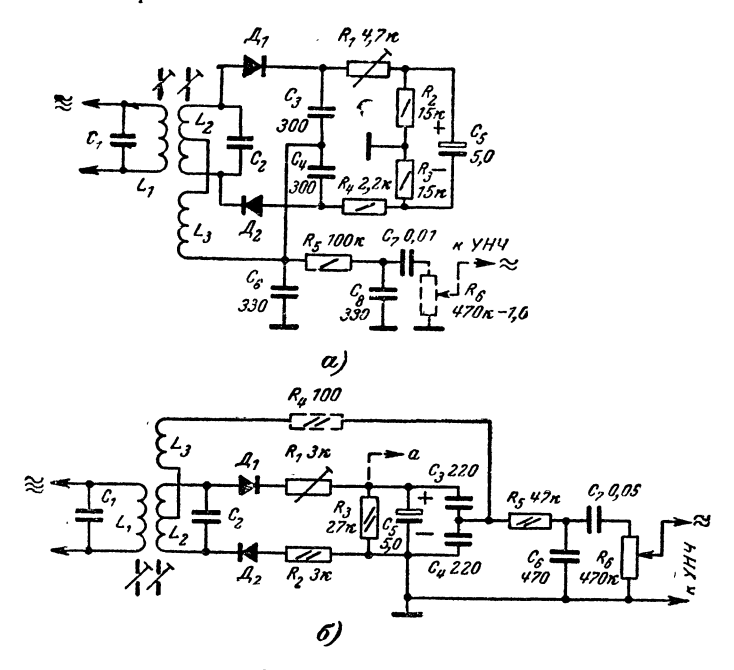


Рис. 7-8. Схемы частотных детекторов.

а — симметричный детектор отношений; *б* — то же несимметричный.

Обе схемы на рис. 7-8 в работе одинаковы, но налаживание симметричного детектора несколько проще.

В частотных детекторах радиовещательных приемников чаще всего применяют радиолампу 6Х2П, диоды лампы 6Г3П или точечные полупроводниковые диоды Д2Б — Д2Д.

7-5. ДЕТЕКТОР АМ-ЧМ ПРИЕМНИКА

При приеме АМ сигналов левый по схеме диод (рис. 7-9) используется в схеме амплитудного детектора, аналогичной схеме на рис. 7-1, *а*, а правый по схеме диод работает в схеме АРУ (см. разд. 8). Напряжение ПЧ подается к аноду левого диода и катоду правого с контура L_5C_4 через катушку L_3 и контур L_2C_2. При приеме

ЧМ сигналов схема работает, как несимметричный детектор отношений. Переход от одной схемы к другой осуществляется с помощью контактов $П_д$ переключателя диапазонов приемника.

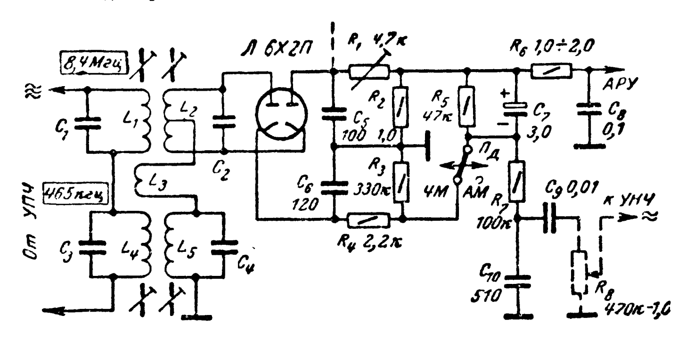


Рис. 7-9. Схема детектора АМ-ЧМ приемника.

7-6. ПОЛЯРНЫЙ ДЕТЕКТОР

Полярный детектор применяют в радиовещательных приемниках, позволяющих принимать стереофонические передачи. Получая от частотного детектора полярно модулированные колебания поднесущей частоты, полярный детектор дает раздельные низкочастотные колебания «правого» и «левого» каналов (см. § 1-10), которые поступают для дальнейшего усиления на два самостоятельных усили-

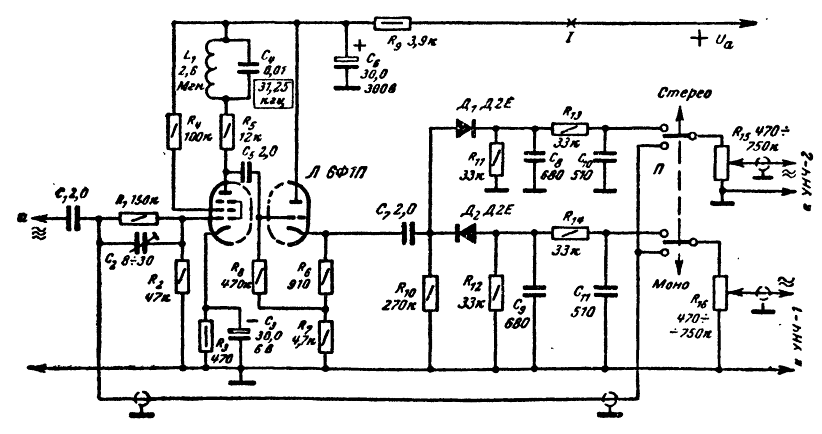


Рис. 7-10. Схема полярного детектора с усилителем поднесущей частоты.

теля НЧ (рис. 7-10). Точка *a* схемы на этом рисунке соединяется с одноименной точкой на схемах по рис. 7-8, или 7-9.

Неотъемлемой принадлежностью полярного детектора является усилитель поднесущей частоты. В схеме по рис. 7-10 применен двухкаскадный усилитель на комбинированной лампе 6Ф1П. Усиленные им полярно модулированные колебания поступают через конденсатор C_7 на полупроводниковые диоды $Д_1$ и $Д_2$. Так как направления включения этих диодов различны, диод $Д_1$ пропускает полупериоды полярно модулированных колебаний одного знака, а диод $Д_2$ — полупериоды другого знака. В результате на усилители НЧ и поступают раздельные сигналы, соответствующие «правому» и «левому» каналам стереофонической системы.

При монофонической передаче НЧ сигнал получается непосредственно от частотного детектора. Для приема таких передач переключатель *П* переводят из положения «*Стерео*» в положение «*Моно*» (этот переключатель в приемниках заводского производства является составной частью переключателя диапазонов). При этом низкочастотный сигнал с частотного детектора поступает на оба усилителя НЧ, минуя усилитель поднесущей частоты и полярный детектор, т. е. они в работе не участвуют.

Катушка L_1 резонансного контура, настроенного на поднесущую частоту 31,25 *кгц*, имеет следующие конструктивные данные: диаметр каркаса 12 *мм*, число витков 500, провод ПЭЛШО 0,1, намотка в навал, ширина намотки 10 *мм*.

По схеме на рис. 7-10 может быть изготовлена приставка к обычному АМ-ЧМ радиовещательному приемнику для приема стереофонических передач. При этом в качестве одного из усилителей НЧ используется имеющийся в приемнике усилитель. Второй усилитель с громкоговорителями изготавливается с такими же данными, оформляется в виде отдельной конструктивной единицы и располагается на некотором расстоянии от приемника (см. § 27-5).

РАЗДЕЛ 8

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ВЧ ЧАСТЕЙ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

8-1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ

Уровни сигналов, поступающих на вход приемника при приеме различных радиостанций, значительно отличаются друг от друга, а в КВ диапазоне наблюдаются хаотические изменения величины принимаемого сигнала — замирания (см. стр. 46). Поэтому, если не принять мер, громкость приема будет сильно изменяться. При сильных сигналах возникнут большие нелинейные искажения из-за перегрузки приемника. Для устранения этих явлений в супергетеродинах осуществляют автоматическое регулирование усиления (АРУ). В ламповых приемниках действие АРУ основано на применении в каскадах усиления ПЧ и ВЧ пентодов с удлиненной характеристикой (см. § 37-6). На управляющие сетки этих ламп от детектора подается отрицательное напряжение, величина которого тем больше,

чем больше уровень сигнала на входе приемника. Увеличение этого управляющего напряжения перемещает рабочую точку в область меньшей крутизны характеристики и тем самым снижает усиление каскадов УВЧ и УПЧ. В результате уровень сигнала на выходе приемника поддерживается почти постоянным при значительных изменениях уровня входного сигнала.

Простейшая схема АРУ (рис. 8-1, *а*). Автоматическое регулирование осуществляется при любом уровне сигнала, в том числе и самом малом. Для приведения в действие системы АРУ используется

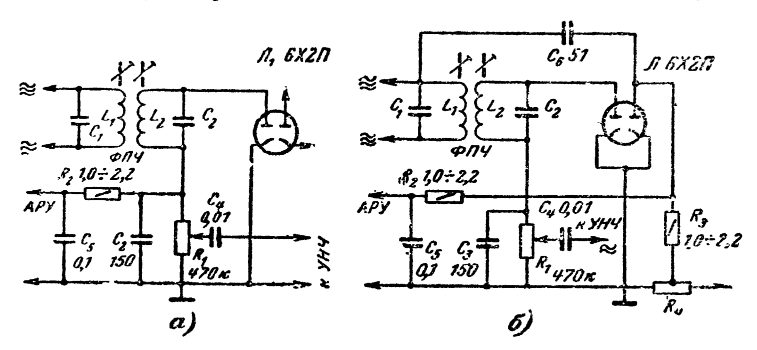


Рис. 8-1. Схемы АРУ ламповых приемников.

а — простейшая; *б* — «с задержкой».

постоянная составляющая напряжения, образующегося на резисторе R_1 нагрузки детектора. Это напряжение подается в отрицательной полярности на управляющие сетки ламп УПЧ и УВЧ через фильтр, состоящий из конденсаторов C_5, C_3 и резистора R_2, задерживающий переменную составляющую напряжения НЧ, которая имеется на нагрузке детектора.

Схема АРУ с задержкой. Система АРУ начинает уменьшать усиление приемника лишь после того, как входной сигнал достигнет определенной, заранее выбранной величины. Вследствие этого сохраняется высокая чувствительность приемника к слабым сигналам (рис. 8-1, *б*). Управляющее напряжение получают от отдельного детектора — детектора АРУ на правом диоде лампы (для получения НЧ сигнала используется левый диод лампы). На анод детектора АРУ через резистор R_3 подается с резистора R_4, включенного между отрицательным полюсом выпрямителя и шасси приемника, постоянное отрицательное напряжение — напряжение задержки. Управляющее напряжение поступает на сетки ламп УПЧ лишь тогда, когда амплитуда высокочастотного напряжения на аноде детектора АРУ превышает напряжение задержки.

В схемах АРУ можно применить и полупроводниковые точечные диоды.

АРУ в транзисторных приемниках. В транзисторных приемниках обычно применяют схему АРУ без задержки (рис. 8-2). Для управления коэффициентом усиления УПЧ используется постоянная составляющая напряжения на выходе детектора на диоде $Д_1$. В отличие от ламповых схем для управления транзисторным УПЧ на

выходе детектора АРУ необходимо иметь ток положительной полярности. Это достигается включением диода $Д_1$ так, как показано

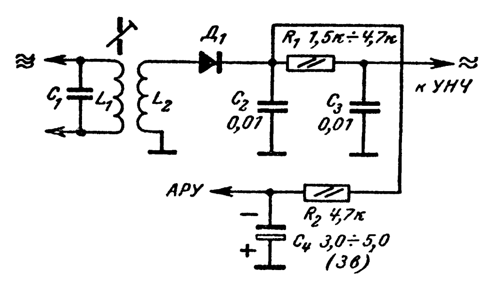


Рис. 8-2. Схема АРУ транзисторного приемника.

на рис. 8-2. Ток в цепи баз транзисторов УПЧ подается через фильтр R_2C_4, задерживающий напряжение НЧ.

8-2. ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ

Для обеспечения точной настройки приемников в них применяют электронно-световые индикаторы — электронные лампы 6Е1П или 6Е5С, называемые иногда «магическим глазом» (рис. 8-3). На сетку индикатора через цепь R_1C_1 подается с отрицательной полярностью напряжение АРУ с детектора. При неточной настройке на принимаемую станцию это отрицательное напряжение невелико (или равно нулю) и на экране индикатора 6Е1П светится только узкий сектор. При точной настройке отрицательное напряжение максимально и экран индикатора светится полностью.

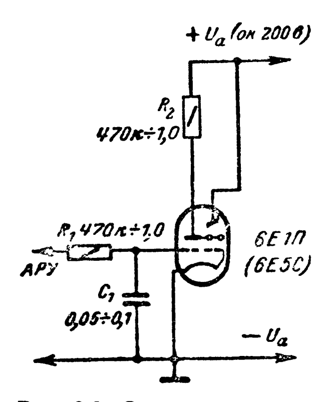


Рис. 8-3. Схема электронно-светового индикатора настройки.

РАЗДЕЛ 9

СХЕМЫ КАСКАДОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ НЧ

9-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В усилителе НЧ различают: 1) каскады предварительного усиления и 2) оконечный (выходной) каскад. Последний отдает мощность переменного тока НЧ громкоговорителю (громкоговорителям).

Чтобы она была достаточной для нормальной работы громкоговорителя в радиовещательном приемнике, граммофонном проигрывателе или магнитофоне, на оконечный каскад нужно подавать значительно больший сигнал НЧ по сравнению с получаемым от детектора, звукоснимателя или магнитной головки. Другими словами, сигнал, получаемый от этих источников э. д. с., нужно усилить. Требуемое усиление осуществляется каскадами предварительного усиления.

Исключение составляют простые ламповые приемники с пентодными или триодными детекторами, а также телевизоры, выходные мощности которых относительно невелики; в этой аппаратуре каскадов предварительного усиления НЧ часто не бывает, если получаемый с детектора сигнал достаточен для работы оконечного каскада (при условии, что в УНЧ нет глубокой отрицательной обратной связи, — см. разд. 11).

В простом ламповом супергетеродине с диодным детектором достаточно иметь один каскад предварительного усиления на пентоде либо два на триодах. В последнем случае обычно используют двойной триод. Транзисторные приемники обычно имеют один — три каскада предварительного усиления НЧ; в каждом каскаде работает по одному маломощному транзистору, включенному по схеме с общим эмиттером (см. § 38-7).

9-2. КАСКАДЫ С *RC*-СВЯЗЬЮ

Каскады предварительного усиления чаще всего выполняют по схемам с *RC*-связью (*R* — резистор, *C* — конденсатор). Такие схемы называют также схемами с емкостной связью.

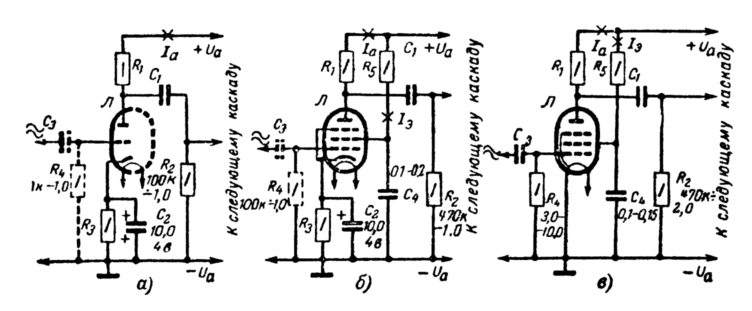


Рис. 9-1. Схемы каскадов предварительного усиления НЧ с *RC*-связью на электронных лампах.

а — с подогревным триодом; *б* — с подогревным пентодом; *в* — с пентодом прямого накала.

Сигнал НЧ, который нужно усилить, поступает в цепь управляющей сетки лампы *Л* (рис. 9-1) или в цепь базы транзистора *Т* (рис. 9-2) через конденсатор C_3. Усиленный сигнал получается на резисторе R_1, включенном в анодную цепь лампы или коллекторную цепь транзистора. Этот сигнал поступает через конденсатор C_1, называемый переходным или конденсатором междукаскадной связи,

Таблица 9-1

Данные каскадов предварительного усиления с триодами (рис. 9-1, *а*)

R_1, *ком*	R_3, *ком*	I_a^*, *ма*	K**	R_1, *ком*	R_3, *ком*	I_a^*, *ма*	K**
Половина лампы 6Н1П				*Половина лампы 6Н8С*			
$U_a = 130 \div 150$ *в*				$U_a = 130 \div 150$ *в*			
47	1	2	12	47	1	2	11
100	2,2	1	12	100	2,2	1	11
220	6,2	0,5	13	220	5,6	0,5	12
$U_a = 180 \div 200$ *в*				$U_a = 180 \div 220$ *в*			
47	1,3	2,2	12	47	2	2	11
100	2,7	1,2	13	100	3,6	1,1	12
220	6,2	0,6	14	220	8,2	0,5	13
$U_a = 230 \div 250$ *в*				$U_a = 230 \div 250$ *в*			
47	1	3	17	47	1,5	2,8	12
100	2,4	1,3	18	100	2,7	1,5	13
220	6,8	0,6	20	220	6,2	0,8	14
$U_a = 280 \div 300$ *в*				$U_a = 280 \div 300$ *в*			
47	0,68	4	20	47	1,1	3,8	12
100	1,5	2	24	100	2,7	1,8	13
220	3,3	1	27	220	6,8	0,8	14
Половина лампы 6Н2П				*Половина лампы 6Н9С******			
$U_a = 180 \div 200$ *в*				$U_a = 180 \div 220$ *в*			
100	1,2	0,8	32	100	2,2	0,7	27
220	2,2	0,5	42	220	3,9	0,4	32
$U_a = 230 \div 250$ *в*				$U_a = 230 \div 250$ *в*			
100	1	1	42	100	1,5	1,0	35
220	1,5	0,6	47	220	2,7	0,6	45
$U_a = 280 \div 300$ *в*				$U_a = 280 \div 300$ *в*			
100	1,5	1,1	47	100	1,2	1,3	32
220	2,7	0,6	52	220	2,2	0,7	40

* Ориентировочные значения для одного триода.

** Коэффициент усиления каскада по напряжению, т. е. отношение напряжения сигнала на резисторе R_2 (в цепи управляющей сетки лампы следующего каскада) к напряжению сигнала на резисторе R_4: коэффициент K указан для условия, что сопротивление резистора R_2 по крайней мере в 2 раза больше сопротивления резистора R_1. Фактическое значение K может отличаться от указанного на ±20%.

*** $R_4 \leqslant 0{,}47$ *Мом.*

R_1, *ком*	R_3, *ком*	I_a^*, *ма*	K^{**}
Триодная часть лампы 6Г3П			
$U_a = 180 \div 200$ *в*			
100	2,2		30
220	3,9		40
470	8,2		45
$U_a = 280 \div 300$ *в*			
100	1,8		35
220	3,3		45
470	6,2		50
Триодная часть лампы 6Ф1П			
$U_a = 180 \div 200$ *в*			
47	1,0	3,0	15
100	3,3	1,2	17
220	5,1	0,8	19
Триодная часть лампы 6И1П			
$U_a = 180 \div 220$ *в*			
47	1,3	2,3	12
100	1,5	1,5	13
220	3,6	0,8	14

Примечания см. на стр. 119.

в цепь управляющей сетки лампы или в цепь базы транзистора следующего каскада для дальнейшего усиления.

Смещение на управляющую сетку подогревной лампы (рис. 9-1, *а* и *б*) обычно получают с резистора R_3, включенного в цепь катода

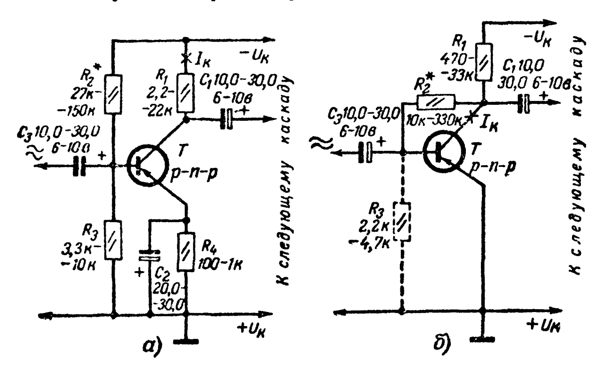


Рис. 9-2. Схемы каскадов предварительного усиления НЧ на транзисторах с *RC*-связью.

лампы, через резистор R_4 — резистор утечки сетки. Сопротивления резисторов R_3 и R_5 зависят от напряжения источника анодного питания лампы U_a и сопротивления резистора R_1 (табл. 9-1 и 9-2).

В первом каскаде усилителя смещение на управляющую сетку лампы можно получить путем выпрямления в цепи этой сетки поступающего на нее сигнала. Во время положительного полупериода на-

Таблица 9-2

Данные каскадов предварительного усиления с пентодами (рис. 9-1, *б* и *в*)

R_1, *ком*	R_2, *ком*	R_5, *Мом*	K*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	R_5, *Мом*	K*
*1К1П***				*1К2П****			
$U_a = 40 \div 50$ *в*				$U_a = 40 \div 50$ *в*			
220	—	0,33—0,39	22	220	—	0,068—0,11	30
470	—	0,68—0,75	28	470	—	0,47—0,51	40
1 000	—	1,2—1,5	30	1 000	—	1,0—1,1	50
$U_a = 80 \div 90$ *в*				$U_a = 80 \div 90$ *в*			
220	—	0,47—0,51	35	220	—	0,36—0,39	50
470	—	0,91—1,0	38	470	—	1,0—1,1	75
1 000	—	2,0—2,2	55	1 000	—	2,0—2,2	100
*1Б1П***				*6Ж8*			
$U_a = 40 \div 50$ *в*				$U_a = 90 \div 100$ *в*			
220	—	0,36—0,39	17	100	0,91—1,0	0,27—0,33	50
470	—	1,0—1,1	32	220	1,6—1,8	0,91—1,2	60
1 000	—	2,0—2,2	35	470	3,6—3,9	1,6—2,0	70
$U_a = 90 \div 100$ *в*				$U_a = 130 \div 150$ *в*			
220	—	0,56—0,68	32	100	0,82—1,0	0,27—0,33	60
470	—	1,3—1,6	45	220	1,3—1,5	0,91—1,2	80
1 000	—	2,7—3,3	55	470	2,7—3,3	1,8—2,2	110
$U_a = 120 \div 135$ *в*				$U_a = 180 \div 200$ *в*			
220	—	0,68—0,91	35	100	0,82—0,91	0,33—0,39	70
470	—	1,8—2,0	50	220	1,1—1,2	0,91—1,2	120
1 000	—	3,6—4,3	60	470	2,0—2,4	2,2—2,4	160
6Ж3П							
$U_a = 180 \div 200$ *в*				$U_a = 230 \div 250$ *в*			
100	0,91—1,0	0,16—0,18	100	100	0,62—0,68	0,33—0,43	80
220	1,6—1,8	0,43—0,62	160	220	1,0—1,1	1,0—1,1	140
470	3,3—3,6	1,0—1,1	200	470	1,5—2,0	2,2—2,4	170

* Указаны средние значения коэффициента усиления по напряжению при сопротивлении резистора R_2 (в цепи управляющей сетки лампы последующего каскада), по крайней мере в 2 раза большем сопротивления резистора R_1 в цепи анода. Фактическое значение K может отличаться от указанного в таблице на ±25%.

** $R_4 \leqslant 1$ *Мом*.

*** $R_4 \leqslant 2{,}7$ *Мом*.

R_1, ком	R_2, ком	R_5, Мом	K*	R_1, ком	R_2, ком	R_5, Мом	K*
6Ж3П $U_а = 280 \div 300$ *в*				*6Ж8* $U_а = 270 \div 300$ *в*			
100	0,62—0,68	0,24—0,27	130	100	0,51—0,62	0,36—0,47	90
220	1,0—1,1	0,51—0,56	200	220	0,91—1,0	1,0—1,2	150
470	1,8—2,2	1,1—1,2	300	470	1,3—1,5	2,2—2,7	220

Примечания см. на стр. 121.

пряжения на сетке возникает небольшой сеточный ток, заряжающий переходной конденсатор C_3. Получающееся в результате постоянное напряжение на этом конденсаторе и используется как смещение на сетку. Величина его изменяется с изменением сигнала. При большом уровне сигнала каскад с таким смещением вносит значительные нелинейные искажения. Поэтому такой способ смещения можно применять только в первом каскаде усилителя НЧ, где уровень сигнала относительно невелик (рис. 9-1, *в*).

Смещение на базу транзистора подают от общего источника питания усилителя при помощи делителя напряжения из резисторов R_2 и R_3 (рис. 9-2); величина этого смещения порядка десятых долей вольта. Резисторы R_3, R_4, а также R_2 в схеме на рис. 9-2, *б* стабилизируют усиление каскада. Некоторые конструкторы для упрощения схемы исключают эти резисторы, но при этом усиление каскада значительно изменяется при изменениях напряжения источника питания и температуры окружающего воздуха.

Каскад по схеме на рис. 9-2, *б* дает меньшее усиление вследствие наличия отрицательной обратной связи (см. разд. 11) из цепи коллектора в цепь базы через резистор R_2.

Таблица 9-3

Емкости переходных конденсаторов для схем на рис. 9-1, 9-4, 10-1, 10-2, 10-7*

R_2 (R_4), *ком*	C_1 (C_3), *мкф*
100—130	0,1—0,05
150—200	0,07—0,03
220—300	0,05—0,02
330—470	0,03—0,015
510—680	0,02—0,01 (10 000 *пф*)
750—910	0,015—0,0075 (7 500 *пф*)
1 000—1 300	0,01—0,005 (5 000 *пф*)
1 500—1 800	6 800—3 900 *пф*
2 000—2 200	5 000—2 700 *пф*

* По этой же таблице следует выбирать емкость конденсатора C_5 для схем на рис. 9-4.

Переходной конденсатор C_1. Его емкость для каскада с электронной лампой выбирается по табл. 9-3 в зависимости от сопротивления резистора R_2. Чем больше каскадов в предварительном усилителе, тем больше должна быть емкость конденсатора C_1.

Режим каскада на транзисторах. Ток смещения коллектора (постоянная составляющая) $I_к$ транзистора первого каскада усилителя должен быть порядка 0,4—1,0 *ма*, а остальных каскадов предварительного усиления 1—1,5 *ма*. Этот ток зависит от тока смеще-

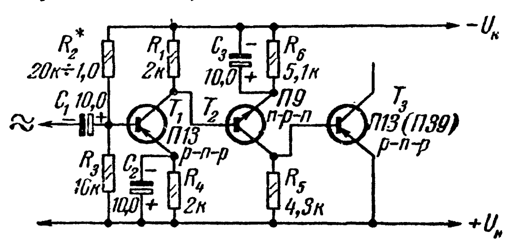


Рис. 9-3. Схема транзисторного усилителя НЧ без переходных конденсаторов.

ния базы. Ток смещения коллектора $I_к$ устанавливается подбором сопротивления резистора R_2 или R_3, от отношения которых зависит величина смещения базы. Усиление по напряжению транзисторного каскада 20—50.

Транзисторная схема без переходных конденсаторов (рис. 9-3). В такой схеме коллектор соединяется непосредственно с базой транзистора следующего каскада. Здесь R_1 и R_5 — резисторы межкаскадной связи, R_4 и R_6 — стабилизирующие, R_2 и R_3 — резисторы смещения базы транзистора T_1. Подбором сопротивления резистора R_2 устанавливают режим всех транзисторов, входящих в схему.

9-3. ФАЗОИНВЕРТОРНЫЕ КАСКАДЫ

Фазоинверторные каскады применяют в качестве предоконечных к двухтактным оконечным каскадам для получения двух напряжений со сдвигом фаз между ними 180° (в противофазе). Эти напряжения подаются на управляющие сетки ламп, работающих в различных плечах оконечного каскада (см. § 10-2).

Каскад с разделенной анодной нагрузкой (рис. 9-4, *а* и табл. 9-4). В нем обычно используют одну из половин двойного триода (другая половина может работать в другом каскаде усилителя). Автоматическое смещение на сетку подается с резистора R_3. Анодная нагрузка каскада разделена на две части; она состоит из резистора R_1, включенного между положительным полюсом источника анодного напряжения и анодом, и резистора R_6, включенного между катодом и отрицательным полюсом источника.

От действия напряжения сигнала, поступающего в цепь сетки через конденсатор C_3, потенциалы анода и катода триода изменяются в противофазе. Эти электроды триода соединены с управляющи-

Таблица 9-4

Данные деталей и режимы ламповых фазоинверторных каскадов

Тип лампы	$U_а$, в	R_1, R_6, ком	R_3, ком	R_4, R_5, ком	R_7, ком	$I_а^*$, ма
Каскад с разделенной нагрузкой по схеме на рис. 9-4,а						
6Н1П	300	10	2,0	510	47	2,5
6Н2П	200	39	2,4	470	0	0,6
6Н2П	250	43	1,0	1 000	0	1,0
6Н2П	300	33	1,2	1 200	0	1,2
6Н8С	300	12	1,2	750	0	3,5
Каскад с катодной связью по схеме на рис. 9-4,б						
6Н1П	250	33	0,51	470	24	6,0
6Н1П	300	120	2,0	1000	30	3,0

* Анодный ток каскада $I_а$ указан ориентировочно; для схемы по рис. 9-4, *б* это ток двух триодов.

ми сетками ламп оконечного каскада через конденсаторы C_1 и C_5. Вследствие этого напряжения на этих сетках также изменяются в противофазе.

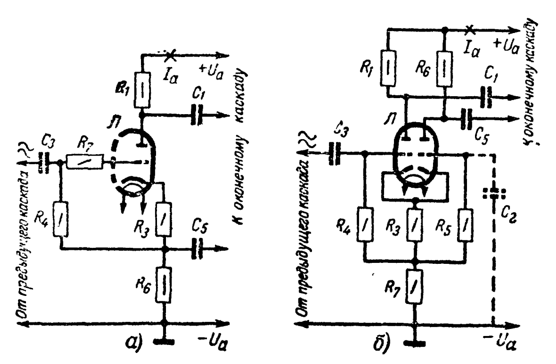


Рис. 9-4. Схема фазоинверторных ламповых каскадов с RC-связью.

а — с разделенной анодной нагрузкой; *б* — с катодной связью. (Данные деталей — см. табл. 9-4.)

Усиление такого каскада по напряжению (отношение напряжения сигнала между управляющими сетками оконечного каскада к напряжению сигнала в цепи сетки фазоинверторного каскада) равно примерно 2.

Каскад с катодной связью (рис. 9-4, *б*). В нем работают обе половины двойного триода. Автоматическое смещение на сетки подается с резистора R_3 через R_4 и R_5. Сигнал поступает от предыдущего каскада через конденсатор C_3 на сетку левого по схеме триода. На резисторах R_3 и R_7 получается переменная составляющая напряжения с частотой сигнала. Она подается на сетку правого триода в противофазе с напряжением сигнала на сетке левого триода. Вследствие этого анодные токи триодов и потенциалы на их анодах изменяются в противофазе. Так как последние соединены через конденсаторы C_1 и C_5 с управляющими сетками ламп оконечного каскада, напряжения на этих сетках также изменяются в противофазе. Фазоинверторный каскад по схеме на рис. 9-4, *б* дает усиление в 10—40 раз (в зависимости от типа примененной лампы).

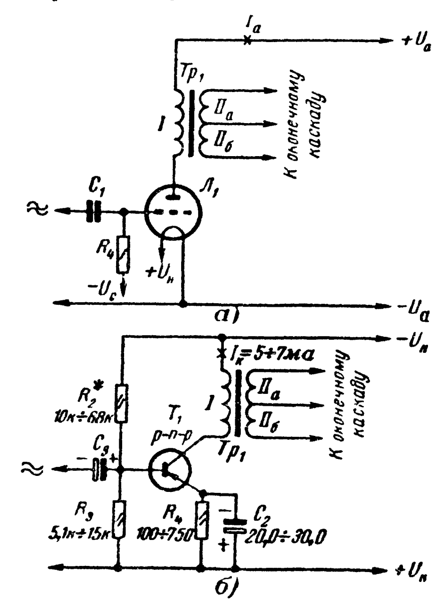


Рис. 9-5. Схемы фазоинверторных каскадов с трансформаторной связью.

а — с электронной лампой; *б* — с транзистором.

Фазоинверторный каскад с трансформатором (рис. 9-5) применяют в ламповых усилителях с батарейным питанием и транзисторных усилителях. Проходящий по обмотке *I* переходного (междукаскадного) трансформатора $Тр_1$ пульсирующий от действия входного сигнала анодный ток лампы или ток коллектора транзистора индуктирует в обмотке *II* переменную э. д. с. Управляющие сетки ламп или базы транзисторов оконечного каскада подключают к началу и концу обмотки *II*, и поэтому на эти сетки переменное напряжение поступает в противофазе.

Ток смещения коллектора 5—7 *ма*. Резистор R_4 и конденсатор C_2 можно исключить из схемы на рис. 9-5, *б*, соединив вывод эмиттера непосредственно с положительным полюсом источника питания, однако при этом стабильность работы каскада ухудшится.

Переходной трансформатор к схеме на рис. 9-5, *а*: сердечник Ш12×12 из электротехнической стали; первичная обмотка *I* — 3 000 витков провода ПЭЛ 0,08; секции вторичной обмотки *IIа* и *IIб* — по 4 000 витков такого же провода.

Переходной трансформатор к схеме на рис. 9-5, *б*: а) сердечник Ш9×9 из электротехнической стали; первичная обмотка *I* — 2 000 витков провода ПЭЛ 0,1—0,12; секции вторичной обмотки *IIа* и

IIб — по 450 витков такого же провода; б) сердечник Ш3×6 из пермаллоя марки 79НМ; первичная обмотка *I* — 1 600 витков провода ПЭЛ 0,08; секции вторичной обмотки *IIа* и *IIб* — по 500 витков такого же провода. Обе половины вторичной обмотки наматывают одновременно, т. е. сложив провод вдвое; среднюю точку получают, соединяя конец одного провода с началом другого.

В некоторых случаях (например, в ламповых УКВ приемниках для радиолюбительской связи) трансформатор применяют для связи предоконечного с оконечным однотактным каскадом. В этом случае вторичная обмотка не имеет отвода от средней точки; начало этой обмотки соединяется с минусом источника анодного напряжения, а конец — с управляющей сеткой лампы оконечного каскада (см., например, схему на рис. 19-2).

РАЗДЕЛ 10

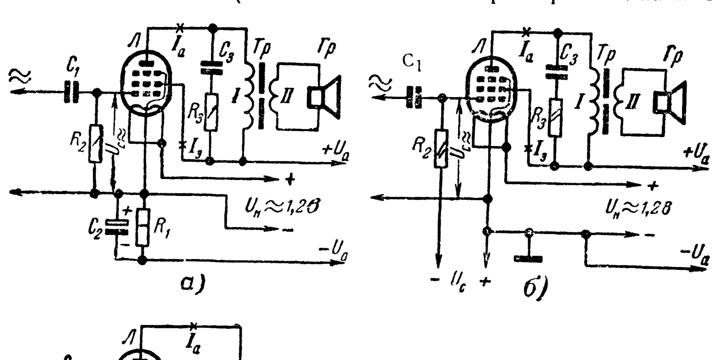
СХЕМЫ ОКОНЕЧНЫХ НЧ КАСКАДОВ

10-1. ОДНОТАКТНЫЕ КАСКАДЫ

В однотактном оконечном каскаде УНЧ работает обычно одна электронная лампа или один транзистор. Параллельное включение этих приборов применяют редко.

Применяют однотактные каскады в следующих случаях:

1. В ламповых схемах с питанием от электросетей при номинальной выходной мощности не более 2—3 *вт*. В данном случае самой подходящей для оконечного каскада будет наиболее современная лампа 6П14П (или аналогичная по параметрам лампа EL84,



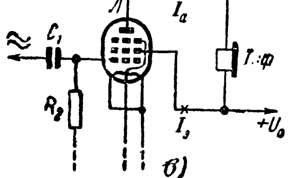


Рис. 10-1. Схемы однотактных оконечных каскадов с пентодами (или лучевыми тетродами) прямого накала.

а — с автоматическим смещением; *б* — со смещением от отдельной батареи; *в* — без выходного трансформатора. (Типовые режимы см. табл. 10-1.)

выпускаемая в странах народной демократии и имеющаяся у нас в продаже). Можно применить также пентодную часть лампы 6Ф1П, 6Ф3П, 6Ф4П, 6Ф5П или лампу старого типа 6П1П, 6П6С, 6П9 и т. п.

2. В ламповых схемах с батарейным питанием при номинальной выходной мощности не более 0,1—0,15 *вт*. При этом следует применять лампу 2П2П (или 2П1П).

3. В простейших транзисторных приемниках при номинальной выходной мощности не более 0,02—0,03 *вт* с использованием транзи-

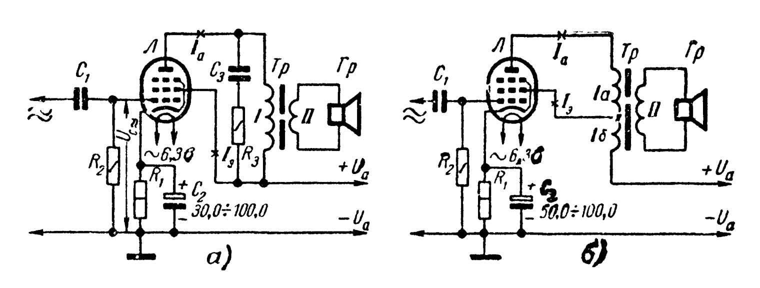


Рис. 10-2. Схемы однотактных оконечных каскадов с подогревными пентодами (или лучевыми тетродами).

а — простейшая схема; *б* — сверхлинейная схема. (Типовые режимы и сопротивления резисторов R_1 и R_2 см. табл. 10-1.)

сторов П39—П41 (П13—П15) или аналогичных им маломощных транзисторов.

При бо́льших выходных мощностях следует применять двухтактные выходные каскады (см. § 10-2).

Электровакуумные триоды в оконечных каскадах применяют очень редко, обычно только в тех случаях, когда на выход усилителя включается телефон (например, в УКВ связных приемниках).

Основные схемы (рис. 10-1, *а* и *б*, 10-2, *а* и 10-3, *а* и *б*). Первичная обмотка *I* понижающего выходного трансформатора *Тр*, имеющего сердечник из магнитного материала, включена в цепь анода лампы или в цепь коллектора транзистора. Ко вторичной обмотке *II* подключен громкоговоритель (громкоговорители). От действия НЧ сигнала, поступающего с предварительного усилителя в цепь управляющей сетки (в цепь базы), анодный ток (ток коллектора) пульсирует. Проходя по обмотке *I*, он индуцирует в обмотке *II* переменную э. д. с., которая создает ток через звуковую катушку громкоговорителя *Гр*, заставляя его звучать.

Выходные мощности каскадов с электронными лампами разных типов приведены в табл. 10-1. Выходную мощность транзисторного каскада (*мвт*) определяют по формуле

$$P_{\text{вых}} = 0,3 U_{\text{к}} I_{\text{к}}, \qquad (10\text{-}1)$$

где $U_{\text{к}}$ — напряжение источника питания, *в*;

$I_{\text{к}}$ — постоянная составляющая тока коллектора, *ма*.

Обе эти величины выбирают, как указано в § 38-11.

Для каскада на транзисторе П39—П41 (П13—П15) при $U_к$ = 4,5 *в* максимальная выходная мощность около 10 *мвт* и при $U_к$ = 9 *в* около 20 *мвт*.

В каскаде с транзистором вместо трансформатора можно применить автотрансформатор (рис. 10-3, *в*). На намотку его требуется меньше провода и можно выполнить его в меньших габаритах по сравнению с выходным трансформатором.

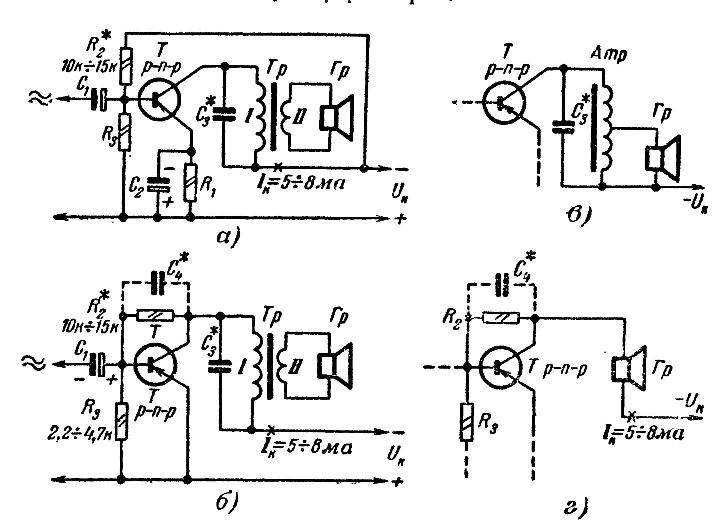


Рис. 10-3. Схемы однотактных оконечных каскадов с транзисторами.

а, б — с выходным трансформатором; *в* — с выходным автотрансформатором; *г* — с непосредственным включением громкоговорителя (или телефона) в цепь коллектора.

При небольшой выходной мощности оконечного каскада громкоговоритель или телефонные трубки можно включить непосредственно в цепь анода или коллектора (выходной трансформатор или автотрансформатор не требуется — рис. 10-1, *в* и 10-3, *г*).

Сверхлинейная схема (см. рис. 10-2, *б*). Экранирующая сетка пентода или лучевого тетрода подключена к отводу обмотки *I*. Вследствие этого из анодной цепи в цепь экранирующей сетки получается отрицательная обратная связь (см. § 11-1), значительно уменьшающая возникающие в оконечном каскаде нелинейные искажения.

Схема с составным транзистором (рис. 10-4). Сигнал от предварительного усилителя поступает в цепь базы транзистора T_1, включенного по схеме с общим коллектором. Ток эмиттера этого транзистора проходит через цепь базы транзистора T_2, который включен по схеме с общим эмиттером, т. е. цепь базы транзистора T_2 служит нагрузкой транзистора T_1. Каскад по такой схеме дает большее уси-

Таблица 10-1

Типовые режимы однотактных оконечных каскадов по схемам на рис. 10-1 и 10-2

Тип лампы	2П1П		2П2П		6П1П		6П6С		6П14П (EL84)			6П18П	6Ф1П[4]	6Ф3П[4]	6Ф4П[4]	6Ф5П[5]
$U_а$, *в*	70	90	60	90	210	250	180	250	150	200	250	180	170	250	250	230
$U_с$, *в*	—3,6	—4,5	—3,5	—7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—4,2	—
R_1, *ом*	—	—	—	—	240	270	240	240	160	130	120	110	150	300	—	270
R_2, *Мом*	≤0,47	≤0,47	≤2,0	≤2,0	≤0,47	≤0,47			≤1,0	≤1,0	≤1,0	≤1,0		≤1,0	≤1,0	≤1,0
$U_{с\sim}$, *в*[1]	2,5	3,2	2,5	4,0	6,3	8,8	6,0	8,8	2,6	3,5	4,3	4,0	1,2		1,0	
$R_а$, *ком*	12	10	15	15	4	3,5	5	5	6,3	5,3	4,8	3	15	5	22	
$P_{вых}$, *вт*[2]	0,08	0,15	0,06	0,14	1,2	2,5	1,0	2,5	0,7	1,8	3,0	2,2	0,35	1,4	0,8	2
$I_а$, *ма*[3]	5,8	9,5	3,4	4,3	35	44	32	46	21	34	47	53	10,5	30	14,5	27
$I_э$, *ма*[3]	1,4	2,2	0,8	1,2	2,5	2,8	3,0	4,0	2,2	4,0	5,0	8,0	2,8		5,5	5

[1] Действующее значение напряжения НЧ сигнала, которое нужно подать на управляющую сетку для получения указанной ниже номинальной выходной мощности $P_{вых}$.

[2] Указаны выходные мощности с учетом потерь в выходном трансформаторе.

[3] Токи анода $I_а$ и экранирующей сетки $I_э$ в отсутствие сигнала (ориентировочные величины).

[4] Пентодная часть лампы.

[5] Пентодная часть лампы, $U_э$=120 *в*.

ление, чем каскад на одном транзисторе. Эту схему следует применять при наличии транзисторов с малыми коэффициентами β.

Корректирующая цепочка. Включенные параллельно обмотке *I* конденсатор C_3 и резистор R_3 (см. рис. 10-1 и 10-2) образуют корректирующую цепочку, улучшающую равномерность усиления различных частот. Сопротивление резистора R_3 должно быть примерно равно эквивалентному сопротивлению R_a нагрузки лампы (табл. 10-1). В схемах на рис. 10-3 вместо C_3 можно включать C_4.

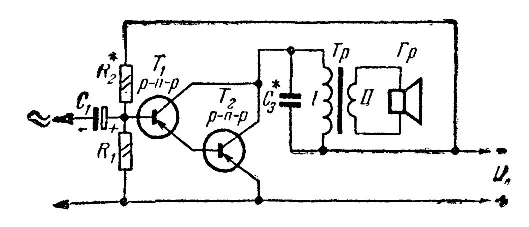


Рис. 10-4. Схема однотактного оконечного каскада с «составным транзистором».

Смещение на управляющую сетку подогревной лампы оконечного каскада (в сетевом приемнике) обычно автоматическое — с резистора R_1 в цепи катода этой лампы (рис. 10-2). Емкость шунтирующего его конденсатора C_2 при лампах 6П1П, 6П6П или 6Ф1П не менее 30 *мкф* и номинальное напряжение не менее 12 *в*, а при лампах 6П14П или 6П18П — соответственно 50—100 *мкф* и 8 *в*. Иногда смещение подают от отдельного выпрямителя.

В батарейных приемниках смещение на сетку получают от отдельной батареи (рис. 10-1, *б*) или с помощью резистора R_1, включенного между отрицательными полюсами батарей анода и накала (см. рис. 10-1, *а*). Сопротивление его в омах находят по формуле

$$R_1 = \frac{1\,000\,U_c}{I_{а+э}}, \qquad (10\text{-}2)$$

где U_c — напряжение смещения, *в* (находим его по табл. 10-1);
$I_{а+э}$ — общий ток анодных цепей и цепей экранирующих сеток всех ламп приемника или усилителя, *ма*.

Смещение на базу транзистора подают от общего источника питания при помощи делителя напряжения, составленного из резисторов R_2 и R_3.

Выходные трансформаторы для ламповых каскадов. В самодельном ламповом приемнике (усилителе НЧ, магнитофоне) лучше всего применить выходной трансформатор заводского изготовления (табл. 10-2), рассчитанный на работу с выбранными для оконечного каскада лампой и громкоговорителем.

Для самодельного выходного трансформатора каскада с лампой 2П1П, 2П2П или 6Ф1П (пентодная часть) можно использовать сердечник типа Ш16×16 или большего размера (см. табл. 41-1); число витков первичной обмотки $w_1 = 2\,700 \div 3\,000$, провод ПЭЛ 0,1—0,12. Выходной трансформатор для лампы 6П1П, 6П6С или 6П14П должен

Таблица 10-2

Выходные трансформаторы однотактных ламповых каскадов

Сердечник	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		$r_{гр}$, *ом*	Применение[1]
	w_I	d_I, *мм*	w_{II}	d_{II}, *мм*		
			Для лампы 2П1П или 2П2П			
Ш9×12	3 550	0,12	50	0,55	3,5	«Турист» (р)
Ш14×16	2 500	0,09	60	0,55	3,5	«Луч» (р)
Ш16×16	2 850	0,1	80	0,51	6,5	«Новь» (р)
			Для лампы 6П1П или 6П6С			
Ш16×16	2 850	0,1	60	0,64	6,5	«Огонек» (р)
Ш20×20	2 600	0,12	91	0,55	6,5	«Старт-2» (т)
			Для лампы 6П14П			
Ш12×24	2 800	0,13	74	0,74	3,25	«Юбилейный стерео» (м)
Ш14×16	2 800	0,12	72	0,44	6,5	«Рекорд-61» (р)
УШ16×16	2 600	0,12	90	0,64	4,5	«Октава» (р)
УШ16×16	2 800	0,16	125	0,59	6,5	«Рекорд А» (т)
УШ16×16	2 650	0,12	64	0,51	3,25	«Донец» (р)
Ш18×18	2 600	0,12	64	0,51	3,25	«Харьков» (р)
Ш16×24	2 600	0,12	64	0,51	6,5	«Муромец» (р)

[1] м — магнитофон; р — радиоприемник; т — телевизор.

иметь сердечник Ш16×20, УШ19×19, Ш20×20 или большего размера; число витков первичной обмотки $w_I = 2\,400 \div 2\,800$, провод ПЭЛ 0,12—0,16.

В сверхлинейной схеме (см. рис. 10-2, *б*) с лампой 6П14П число витков, от которого нужно сделать отвод в первичной обмотке, равно 0,22 w_I, а при использовании лампы 6П1П или 6П6С 0,11 w_I.

Вторичную обмотку наматывают проводом ПЭЛ 0,6—0,8 с числом витков

$$w_{II} = 0{,}037 w_I \sqrt{\frac{r_{гр}}{R_а}}. \qquad (10\text{-}3)$$

Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя $r_{гр}$ (*ом*) берут из табл. 27-1, а наивыгоднейшее сопротивление нагрузки лампы $R_а$ (*ком*) — из табл. 10-1.

При включении двух (трех) громкоговорителей при параллельном соединении их величину $r_{гр}$ в формуле (10-1) нужно уменьшить в 2 (3) раза, а при последовательном включении их увеличить в 2 (3) раза.

Если к покупному трансформатору потребуется подключить громкоговоритель (громкоговорители) с сопротивлением, отличающимся от сопротивления, на которое этот трансформатор рассчитан, или использовать его с другой лампой, то его вторичную обмотку нужно будет перемотать. В этом случае необходимое число витков w_{II} также определяют по формуле (10 3).

Выходной трансформатор для транзисторного каскада. Для изготовления такого трансформатора к каскаду на транзисторе П39—П41 (П13—П15) с громкоговорителем номинальной мощностью 0,1—0,25 *ва* можно использовать любой малогабаритный Ш-образный или П-образный сердечник, лишь бы имелась возможность разместить обмотки в его окне. Первичную обмотку наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ 0,08—0,1. Чтобы трансформатор пропускал частоту 300 *гц* (более низкие частоты малогабаритные громкоговорители не воспроизводят), первичная обмотка должна иметь число витков

$$w_I = A\sqrt{\frac{U_к l_м}{I_к S}}, \qquad (10\text{-}4)$$

где $I_к$ — постоянная составляющая тока коллектора, *ма*.

Для сердечника из электротехнической стали коэффициент $A=470$, а из пермаллоя или феррита $A=250$. Размеры сердечника S и $l_м$ берут из табл. 41·1 или 41·2

Вторичную обмотку наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ 0,2—0,25 с числом витков

$$w_{II} = 0{,}037 w_I \sqrt{\frac{I_к r_{гр}}{U_к}}. \qquad (10\text{-}5)$$

Пример. Выходной трансформатор на сердечнике Ш7×7 ($S=0{,}42$ *см*²; $l_м=6{,}9$ *см*) из пермаллоя для оконечного однотактного каскада с транзистором П40 и громкоговорителем 0,1ГД3 ($r_{гр}=6{,}5$ *ом*) при напряжении питания $U_к=4{,}5$ *в* и постоянной составляющей тока коллектора $I_к=8$ *ма* согласно формулам (10-4) и (10-5) должен иметь следующие моточные данные:

$$w_I = 250\sqrt{\frac{4{,}5\cdot 6{,}9}{8{,}0\cdot 0{,}42}} = 810 \text{ витков};$$

$$w_{II} = 0{,}037\cdot 810\sqrt{\frac{8{,}0\cdot 6{,}5}{4{,}5}} = 102 \text{ витка}.$$

Выходной автотрансформатор для транзисторного каскада (см. рис. 10-3, *в*). Общее число витков обмотки его вычисляют по формуле (10-4), а виток, от которого должен быть сделан отвод к громкоговорителю, — по формуле (10-5). Обмотку выполняют проводом ПЭЛ 0,1—0,12.

Псевдостереофоническое звуковоспроизведение. При такой системе воспроизведения звука «низкочастотные» громкоговорители (см § 27-4) подключают непосредственно ко вторичной обмотке выходного трансформатора *Тр*, а «высокочастотные» — к той же обмотке через конденсатор *С* (рис. 10-5, *а*) или дополнительный трансформатор $Тр_{вч}$ (рис. 10-5, *б*). В качестве «высокочастотных» гром-

коговорителей обычно используют два громкоговорителя 1ГД9 или 1ГД18, соединяя их последовательно. В этом случае трансформатор $Tp_{вч}$ должен иметь следующие данные: сердечник УШ10×10

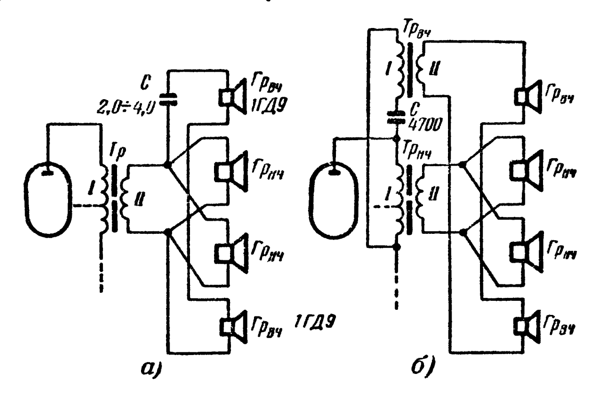


Рис. 10-5. Схемы включения громкоговорителей для псевдостереофонического звуковоспроизведения.

а — простейшая; *б* — с дополнительным высокочастотным трансформатором.

(или другой с такой же или несколько большей площадью сечения *S* — см. табл. 41-1 и 41-2); обмотка *I* — 2 000 витков провода ПЭЛ 0,12; *II* — 40 витков провода ПЭЛ 0,51.

10-2. ДВУХТАКТНЫЕ КАСКАДЫ

Двухтактные (пушпульные) оконечные каскады применяют в случаях, когда требуется бóльшая выходная мощность, чем может отдать каскад с одной лампой или одним транзистором, и если нужно уменьшить потребление энергии от источника питания, т. е. получить больший к. п. д. каскада. Кроме того, при той же выходной мощности выходной трансформатор двухтактного каскада имеет меньшие размеры.

В двухтактных каскадах работает по два (иногда большее четное число) мощных пентода, лучевых тетрода или транзистора. Такие каскады имеют ламповые сетевые радиоприемники высшего и первого классов, батарейные ламповые приемники второго класса и большинство транзисторных.

Схемы с выходными трансформаторами (рис. 10-6, 10-7 и 10-8). Аноды ламп или коллекторы транзисторов присоединены к концам обмотки *I* выходного трансформатора (*Tp* на рис. 10-7 и Tp_2 на рис. 10-6 и 10-8). К отводу от среднего витка этой обмотки подключен источник питания (выпрямитель, батарея): в каскаде на лампах или транзисторах структуры *n-p-n* — положительный полюс, а в каскаде на транзисторах структуры *p-n-p* — отрицательный полюс. Напряжения на экранирующие сетки ламп подаются от того же источника непосредственно или через резисторы.

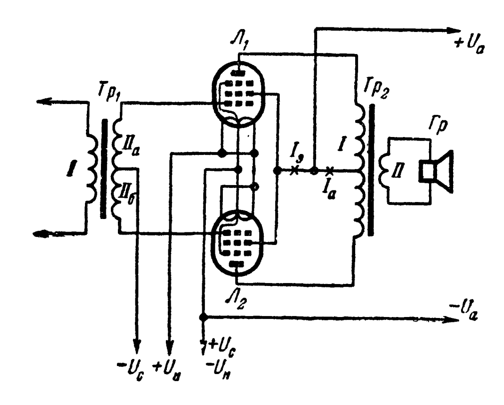


Рис. 10-6. Схема двухтактного оконечного каскада с пентодами или лучевыми тетродами прямого накала.

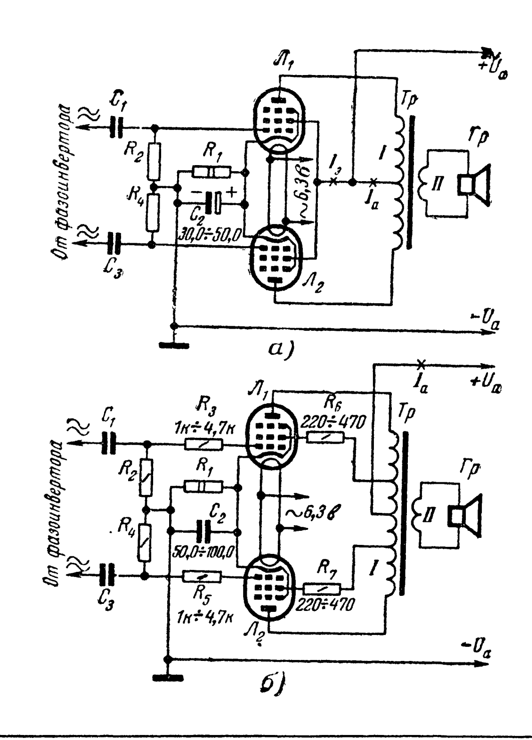


Рис. 10-7. Схемы двухтактных оконечных каскадов с подогревными пентодами или лучевыми тетродами.

а — простейшая; *б* — сверхлинейная. (Типовые режимы и сопротивление резистора R_1 см. табл. 10-3.)

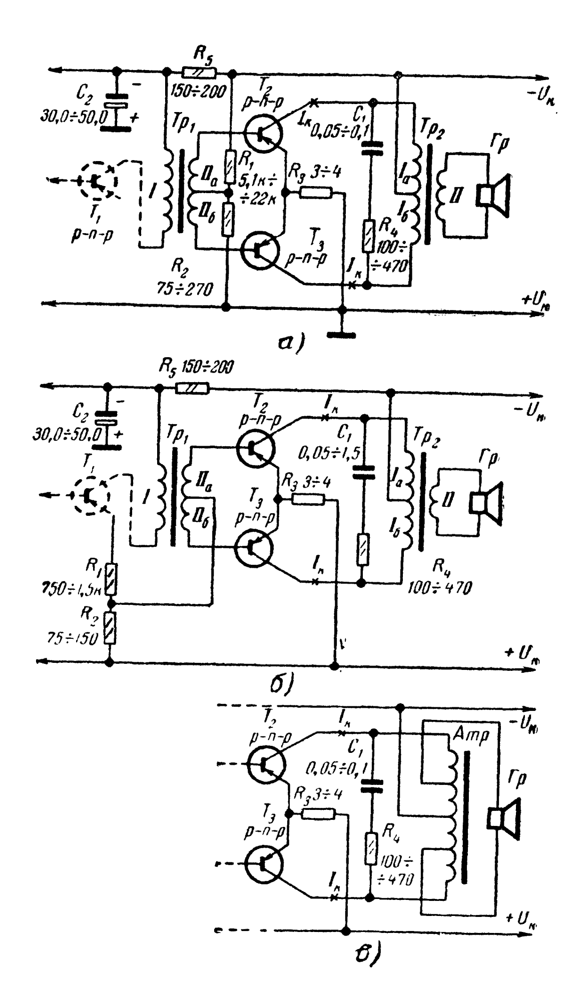


Рис. 10-8. Схемы двухтактных оконечных каскадов с транзисторами.

а — простейшая; *б* — со смещением на базы от делителя напряжения в цепи эмиттера предоконечного каскада; *в* — включение выходного автотрансформатора.

Лампа или транзистор с половиной первичной обмотки выходного трансформатора и относящимися к этой лампе или транзистору другими элементами схемы представляют собой плечо двухтактного каскада.

В схеме на рис. 10-7, *б*, носящей название сверхлинейной (ультралинейной), экранирующие сетки ламп присоединены к отводам первичной обмотки трансформатора *Тр*. Благодаря этому получается отрицательная обратная связь (см. разд. 11) из анодных цепей экранирующих сеток ламп, значительно уменьшающая нелинейные искажения, вносимые оконечными каскадами.

В транзисторном каскаде вместо выходного трансформатора возможно применение автотрансформатора (рис. 10-8, *в*).

Смещение на управляющие сетки ламп при батарейном питании (рис. 10-6) обычно подается от отдельной батареи (батарея смещения). При питании от электросети смещение на сетки поступает

Таблица 10-3

Двухтактные ламповые оконечные каскады в режиме AB_1

Схема по рисунку	10-6	10-7, *а*	10-7, *б*			
Применяемые лампы	2П1П	6П14П (EL 84)	6П1П		6П14П (EL 84)	
$U_а$, *в*	90	250	250	320	300	300
$U_с$, *в*	—9	—	—	—	—	—
R_1, *ом*	—	120	200	200	130	100
$U_{с\sim-с\sim}$, *в*[1]	13	15,2				
$R_{а-а}$, *ком*	25	8	9	9	8	9
$P_{вых}$, *вт*[2]	0,3	9	6	8	10	12
$I_{а0}$, *ма*[3]	4	58	75[5]	85[5]	90[5]	85[5]
$I_{а.макс}$, *ма*[4]	8	74				
$I_{э0}$, *ма*[3]	1	6,6	—	—	—	—
$I_{э.макс}$, *ма*[4]	1,5	15	—	—	—	—
Выходной трансформатор						
Сердечник[6]	Ш12×18	Ш19×28	Ш22×30		Ш19×28	Ш25×40
w_1	1 750+ +1 750	1 500+1 500	900+600+ +600+900		1 140+ +860+ +860+ +1 140	1 600+ +400+ +400+ +1 600
d_1, *мм*	0,1	0,15	0,17		0,18	0,18

[1] Действующее значение напряжения сигнала между управляющими сетками, при котором получается выходная мощность $P_{вых}$.

[2] Выходная мощность с учетом потерь в выходном трансформаторе.

[3] Ориентировочные значения токов двух анодов и экранирующих сеток в отсутствие сигнала.

[4] Ориентировочные значения токов двух анодов и экранирующих сеток при отдаче каскадом номинальной мощности.

[5] Общий ток, потребляемый каскадом от источника анодного питания (ориентировочная величина).

[6] Можно применить сердечник другого типа с не меньшей площадью сечения.

с резистора R_1, включенного в общую цепь катодов ламп (рис. 10-7 и табл. 10-3). В некоторых случаях смещение на сетки получают от отдельного выпрямителя.

Смещения на базы транзисторов подают от общего источника питания при помощи делителя напряжения, состоящего из резисторов R_1 и R_2, через половины вторичных обмоток *IIа* и *IIб* трансформатора Tp_1 (рис. 10-8, *а*).

Режим работы оконечного каскада более стабилен, если смещение на базы транзисторов подать с делителя из резисторов R_1 и R_2, включенных в цепь эмиттера транзистора T_1 предоконечного каскада (рис. 10-8, *б*).

Транзисторы T_2 и T_3 должны быть подобраны с одинаковыми (или близкими) параметрами β и $I_{к0}$ ($I_{к.н}$).

Переменные напряжения сигнала, подаваемые от предоконечного каскада на управляющие сетки ламп (на базы транзисторов) разных плеч оконечного каскада, должны находиться в противофазе. Это достигается путем выполнения предоконечного каскада по фазоинвертной схеме (см. § 9-3).

В зависимости от отношения напряжений сигнала и смещения на управляющих сетках (на базах транзисторов) различают следующие режимы работы оконечных каскадов:

Режим А. Смещение на управляющих сетках ламп (базах транзисторов) выбирается так, чтобы анодный (коллекторный) ток покоя, т. е. ток в отсутствие сигнала, был больше амплитуды переменной составляющей анодного (коллекторного) тока. Этот ток протекает через лампу (транзистор) в течение обоих полупериодов напряжения входного сигнала. Так как напряжения на управляющих сетках (на базах) находятся в противофазе, то при увеличении анодного тока (тока коллектора) одного плеча каскада в другом плече анодный ток (ток коллектора) уменьшается, или наоборот. Другими словами, переменные составляющие анодных (коллекторных) токов в плечах также находятся в противофазе. Эти токи проходят по половинам обмотки *I* выходного трансформатора в противоположных направлениях. Поэтому увеличение тока одного плеча и одновременное уменьшение тока другого плеча создают во вторичной обмотке *II* трансформатора э. д. с. и ток одного направления. Когда же ток первого плеча уменьшается, а ток второго увеличивается, э. д. с. и ток во вторичной обмотке изменяют свое направление. Выходной трансформатор как бы суммирует действие переменных составляющих анодных (коллекторных) токов обоих плеч, и на вторичной обмотке получается э. д. с. с частотой подводимого к каскаду сигнала.

Режим В. Токи покоя ламп (транзисторов) равны нулю. В ламповом каскаде это достигается подачей на управляющие сетки большего отрицательного смещения, чем в режиме А. В транзисторном каскаде на базы смещения не подают или же задают смещение такого же знака, как и у напряжения на коллекторе, но значительно меньше чем в режиме А. Вследствие этого лампы или транзисторы в плечах работают поочередно: во время одного полупериода входного напряжения ток проходит через одну половину обмотки *I* выходного трансформатора, а во время другого полупериода — через другую половину этой обмотки. Во вторичной обмотке трансформатора индуктируется переменная э. д. с. В этом режиме транзисторный каскад работает с большими нелинейными искажениями.

Режим AB. Токи покоя устанавливают бо́льшими, чем в режиме B, но меньшими, чем в режиме A. При малых амплитудах входного сигнала каскад работает в режиме A, а при больших он переходит в режим B. Для каскадов с лампами различают две разновидности режимов B и AB.

В режимах B_1 и AB_1 амплитуды напряжения сигнала на управляющих сетках всегда меньше постоянного отрицательного смещения, и поэтому лампы работают без токов управляющих сеток.

В режимах B_2 и AB_2 при большом уровне сигнала амплитуды напряжения сигнала на управляющих сетках могут превышать величину постоянного отрицательного смещения, что приводит к возникновению токов в цепях управляющих сеток.

Постоянные составляющие анодных токов или токов коллекторов в режиме B или AB очень зависят от входного сигнала: они возрастают с увеличением амплитуды этого сигнала. При этом средние значения постоянных составляющих анодных токов (токов коллекторов) за некоторый промежуток времени меньше, чем постоянные составляющие этих токов при работе в режиме A при тех же номинальных выходных мощностях и напряжениях питания. Вследствие этого к. п. д. двухтактного каскада, работающего в режиме B или AB, больше, чем в режиме A.

Выходные мощности ламповых двухтактных каскадов, работающих в режиме AB_1, приведены в табл. 10-3. Выходную мощность транзисторного каскада, работающего в режиме AB, можно вычислить по формуле

$$P_{вых} = 0{,}9 U_к I_{к.макс}\,, \qquad (10\text{-}6)$$

где $P_{вых}$ — в *мвт*;

$I_{к.макс}$ — предельная величина тока коллектора (*ма*) согласно § 38-13 и 38-14.

Каскад на двух транзисторах П39—П41 (П13—П15) без перегрузки их по току при напряжении питания $U_к=9$ *в* может отдать максимальную мощность около 150 *мвт*; для того чтобы нелинейные искажения были возможно меньшими, подбором сопротивления резистора R_1 или R_2 (см. рис. 10-8) ток коллекторов в отсутствие сигнала устанавливают величиной 1—2 *ма*.

Выходные трансформаторы для ламповых каскадов. В самодельном ламповом приемнике, усилителе, магнитофоне можно применить готовый, имеющийся в продаже трансформатор для какого-либо приемника с двухтактным оконечным каскадом (например, «Фестиваль») либо изготовить его по данным табл. 10-3. Вторичную обмотку наматывают проводом ПЭЛ 0,69—0,86. Количество витков обмотки рассчитывают по формуле

$$w_{II} = 0{,}034 w_I \sqrt{\frac{r_{гр}}{R_{а\text{-}а}}}\,. \qquad (10\text{-}7)$$

Для хорошего воспроизведения верхних частот полосы пропускания обмотки выходного трансформатора следует наматывать в следующем порядке: четвертая часть витков вторичной обмотки, половина витков первичной обмотки, половина витков вторичной обмотки, вторая половина витков первичной обмотки и четвертая часть витков вторичной обмотки,

Псевдостереофоническое звуковоспроизведение при двухтактном каскаде получают, используя одну из схем на рис. 10-5. «Высокочастотный» выходной трансформатор и в этом случае должен иметь данные, приведенные на стр. 133.

Выходные трансформаторы для транзисторных каскадов. Для изготовления трансформаторов к схемам на транзисторах П39—П41 (П13—П15) с малогабаритными громкоговорителями можно использовать любые Ш- или П-образные малогабаритные сердечники, размеры окон которых достаточны для размещения обмоток. Для первичной обмотки применяют провод ПЭЛ 0,07—0,1; при этом обе половины ее наматывают одновременно, т. е. сложив провод вдвое; среднюю точку получают, соединяя конец одного провода с началом другого. Если каскад работает в режиме АВ или В и нагружен на малогабаритный громкоговоритель с низшей частотой воспроизводимой полосы 300 *гц*, то каждая половина первичной обмотки должна иметь число витков

$$w_{Ia} = w_{I6} = A\sqrt{\frac{U_к l_м}{I_{к.макс} S}}. \qquad (10\text{-}8)$$

При применении сердечника из электротехнической стали коэффициент $A=220$, а из пермаллоя или феррита $A=160$.

Вторичную обмотку наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ 0,2—0,25 с числом витков

$$w_{II} = 0{,}06 w_{Ia}\sqrt{\frac{I_{к.макс} r_{гр}}{U_к}}. \qquad (10\text{-}9)$$

Пример. Выходной трансформатор на сердечнике Ш3×6,3 ($S=0{,}16$ *см*²; $l_м=2{,}65$ *см*) из пермаллоя для двухтактного оконечного каскада на транзисторах П40 ($I_{к.макс}=20$ *ма*) с громкоговорителем 0,25 ГД1 ($r_{гр}=8$ *ом*) при напряжении питания $U_к=9$ *в* должен иметь следующие моточные данные:

$$w_{Ia} = w_{I6} = 160\sqrt{\frac{9{,}0\cdot 2{,}65}{20\cdot 0{,}16}} = 440 \text{ витков};$$

$$w_{II} = 0{,}06\cdot 440\sqrt{\frac{20\cdot 8}{9}} = 112 \text{ витков}.$$

Выходной автотрансформатор для транзисторного каскада (рис. 10-8, *в*). Общее число витков обмотки его должно быть в 2 раза больше вычисленного по формуле (10-8); отвод, к которому подключается источник питания, делают от среднего витка обмотки; число витков между выводами для подключения громкоговорителя вычисляют по формуле (10-9).

Оконечные каскады без выходных трансформаторов. Два соединенных последовательно транзистора T_2 и T_3 подключены к источнику питания непосредственно (рис. 10-9, *а*). К средней точке этой цепи подключен громкоговоритель через конденсатор C_3, не пропускающий через них постоянную составляющую коллекторного тока, т. е. в отсутствие сигнала ток через громкоговоритель отсутствует.

Смещение на базы транзисторов подается от общего источника питания при помощи делителя напряжения из резисторов R_1—R_4 через половины вторичной обмотки *IIа* и *IIб* переходного трансформатора Tp_1. Переменное напряжение сигнала поступает на базы транзисторов со вторичной обмотки трансформатора Tp_1 в противофазе.

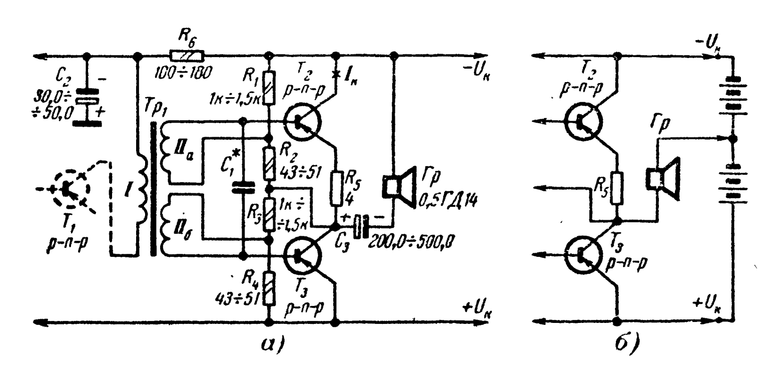


Рис. 10-9. Схемы двухтактных транзисторных оконечных каскадов без выходных трансформаторов.

а — основная схема; *б* — включение громкоговорителя без конденсатора.

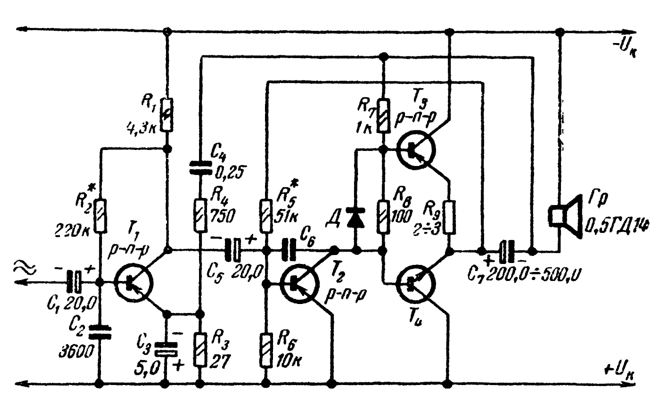


Рис. 10-10. Схема транзисторного усилителя с двухтактным оконечным каскадом на транзисторах различной структуры.

Поэтому когда ток коллектора одного из транзисторов увеличивается, ток коллектора другого транзистора уменьшается, в результате через конденсатор C_3 и громкоговоритель проходит переменный ток с частотой сигнала, в каждый момент времени равный разности токов коллекторов. Конденсатор C_1 — корректирующий. Такой каскад на транзисторах П40 с громкоговорителем 0,5ГД14 ($r_{гр}=28$ *ом*) при напряжении питания 9 *в* отдает выходную мощность около 150 *мвт*.

Можно исключить из схемы конденсатор C_3, присоединив громкоговоритель к средней точке батареи питания (рис. 10-9, *б*).

Если применить в оконечном каскаде один транзистор структуры *n-p-n* (П40, П13) и один транзистор структуры *p-n-p* (П8), можно обойтись без переходного трансформатора. На рис. 10-10 показана схема подобного оконечного каскада вместе с каскадами предварительного усиления на транзисторах T_1 — П39Б (П13Б) и T_2 — П14 (П40) Диод *Д* типа Д2Е служит для стабилизации режима оконечного каскада. По цепи $C_4R_4R_3$ подается отрицательная обратная связь на первый каскад (в цепь эмиттера транзистора T_1).

РАЗДЕЛ 11

ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

11-1. СУЩНОСТЬ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Отрицательную обратную связь (противосвязь) в усилителях НЧ применяют: для уменьшения возникающих в их каскадах нелинейных и частотных искажений; для стабилизации усиления (особенно в транзисторных усилителях); для увеличения выходной мощности при тех же лампах, транзисторах и источниках питания без увеличения нелинейных искажений; для уменьшения фона переменного тока в устройствах, питаемых от сетей переменного тока. Кроме того, отрицательная обратная связь дает возможность уменьшить размеры выходных трансформаторов.

В радиоприемниках и усилителях НЧ, от которых требуется высокое качество звуковоспроизведения, применение отрицательной обратной связи обязательно. Она необходима также в усилителях с оконечными каскадами, работающими в режиме В или АВ, так как последние вносят значительные нелинейные искажения.

Принцип действия отрицательной обратной связи. Часть энергии сигнала с выхода усилителя из анодной цепи лампы или цепи коллектора транзистора одного из его каскадов передается в какую-либо другую цепь этого же каскада или каскада, работающего впереди. Во всех случаях напряжение обратной связи, поступающее в любую из этих цепей, должно быть противоположным по фазе напряжению основного сигнала, возбужденного предыдущим каскадом усиления, детектором, звукоснимателем. Вследствие этого результирующее переменное низкочастотное напряжение цепи, в которую вводится отрицательная обратная связь, становится меньше напряжения, существовавшего до введения ее. Следовательно, применение ее, улучшая качество работы усилителя, приводит к уменьшению усиления. Чтобы получить такое же усиление при отрицательной обратной связи, как и без нее, приходится увеличивать усиление каскадов, а иногда и количество их.

Цепь, по которой передается напряжение обратной связи, называют цепью обратной связи, а все каскады усилителя, находящиеся между началом и концом этой цепи, — каскадами, охваченными обратной связью.

Коэффициент обратной связи — число, показывающее во сколько раз отрицательная обратная связь уменьшает

усиление охваченных ею каскадов или соответственно во сколько раз нужно увеличить напряжение сигнала на входе усилителя, чтобы получить на выходе его сигнал такой же величины, как и без обратной связи. Когда этот коэффициент велик, т. е. усиление сильно уменьшается, отрицательную обратную связь называют глубокой.

11-2. СХЕМЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Так как наибольшие нелинейные искажения возникают в оконечных каскадах и выходных трансформаторах, напряжение отрицательной обратной связи чаще всего берут с их вторичных обмоток.

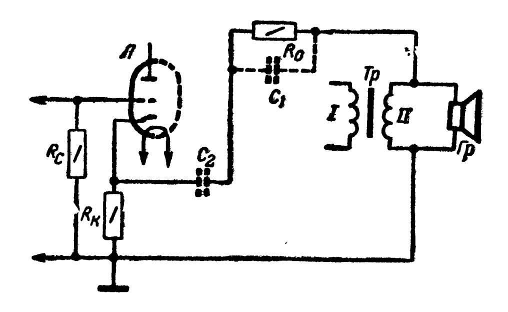


Рис. 11-1. Отрицательная обратная связь со вторичной обмотки выходного трансформатора в цепь катода лампы.

В ламповом усилителе это напряжение удобнее всего подать на резистор автоматического смещения $R_к$ одного из каскадов предварительного усиления (рис. 11-1), т. е. в цепь его катода, через резистор R_0. При этом резистор $R_к$ конденсатором не шунтируют. Если обратная связь подается в цепь катода первого каскада усиления на двойном триоде, сопротивление резистора R_0 должно быть в 10—30 раз больше $R_к$; когда обратная связь подается в цепь катода предоконечного каскада, сопротивление резистора R_0 должно быть в 1,5—4 раза больше $R_к$. Сопротивление резистора R_0 зависит от выходной мощности, напряжения на обмотке *II* выходного трансформатора и усиления, даваемого каскадами.

В сверхлинейных схемах оконечного каскада (см. рис. 10-2, *б* и 10-7, *б*) отрицательная обратная связь подается с части обмотки *I* выходного трансформатора в цепи экранирующих сеток того же каскада.

В ламповом каскаде с автоматическим смещением на управляющую сетку с резистора в цепи катода (R_3 на рис. 9-1, *а* и *б* и R_1 на рис. 10-2) возникает обратная связь из цепи катода в цепь управляющей сетки, если этот резистор не шунтирован конденсатором или емкость его мала.

В усилителе с транзисторами напряжение обратной связи можно подать в цепь эмиттера (рис. 11-2, *а* и *б*) или в цепь базы

(рис. 11-2, *в*) одного из каскадов предварительного усиления. В схеме на рис. 11-2, *а* сопротивление резистора R_0 должно быть в 10—30 раз больше $R_{э1}$, а в схеме на рис. 11-2, *в* — в 2—10 раз больше $R_б$.

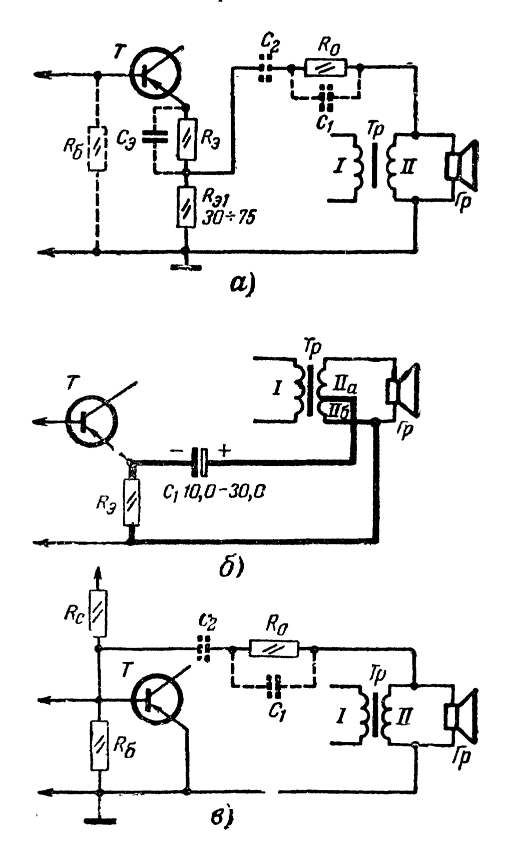


Рис. 11-2. Отрицательная обратная связь в транзисторных усилителях со вторичной обмотки выходного трансформатора.

а, б — в цепь эмиттера каскада предварительного усиления; *в* — в цепь базы каскада предварительного усиления.

Сопротивление резистора R_0 подбирают опытным путем при налаживании усилителя. Во всех схемах на рис. 11-1 и 11-2 коэффициент обратной связи тем больше, чем меньше R_0.

В транзисторном каскаде с резистором в цепи эмиттера (см. рис. 9-2, *а* и 10-3, *а*) возникает отрицательная обратная связь из цепи

коллектора в цепь базы, если этот резистор не шунтирован конденсатором или емкость его мала.

В схеме на рис. 9-2, *б* обратная связь подается из цепи коллектора в цепь базы транзистора через резистор R_2.

РАЗДЕЛ 12

РЕГУЛЯТОРЫ ТЕМБРА

12-1. НАЗНАЧЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ ТЕМБРА

Равномерное усиление всех звуковых (низких) частот, передаваемых радиовещательной станцией, оказывается не всегда желательным. Речевые передачи звучат более четко, когда частоты выше 3 500—4 000 *гц* ослаблены. Ограничение полосы пропускания со стороны верхних частот, если прием сопровождается помехами, также улучшает качество звуковоспроизведения. Такое же явление наблюдается при проигрывании грампластинок, особенно старых, так как «шумы пластинки» лежат в основном в области верхних звуковых частот.

Когда звук в комнате сильно заглушается драпировками, коврами, мягкой мебелью, передача звучит естественнее, если верхние звуковые частоты усилены больше, чем средние и нижние. При слушании радиопередачи с пониженной громкостью вследствие особенностей восприятия человеческим ухом сложного звука, передача звучит естественнее, если лучше усилены нижние частоты. Наконец, одним радиослушателям приятнее радиопередача, имеющая низкий тембр (выделяется звучание нижних частот), а другим — более высокий тембр (нижние частоты ослаблены).

Все эти изменения в воспроизведении различных участков диапазона звуковых частот можно осуществлять путем применения в усилителе регуляторов тембра.

12-2. СХЕМЫ РЕГУЛЯТОРОВ ТЕМБРА

Регуляторы тембра состоят из конденсаторов постоянной емкости и переменных резисторов (потенциометров); в некоторые из них, кроме того, входят постоянные резисторы. Включают регуляторы тембра чаще всего между каскадами усилителя НЧ (рис. 12-1, *а* и *в* и 12-2, *а* и *б*) либо в цепи отрицательной обратной связи (рис. 12-1, *б*).

При изменении положений движков переменных резисторов полное сопротивление цепи регулятора тембра для различных частот звукового диапазона изменяется, а вместе с тем изменяется и частотная характеристика усилителя.

В схеме на рис. 12-1, *в* потенциометром R_1 изменяют усиление верхних, а потенциометром R_2 — нижних частот. При средних положениях движков этих потенциометров регулятор тембра не вносит изменений в частотную характеристику усилителя НЧ, а при крайних положениях их он создает увеличение («подъем») или уменьшение («завал») соответственно высшей частоты звукового диапазона и

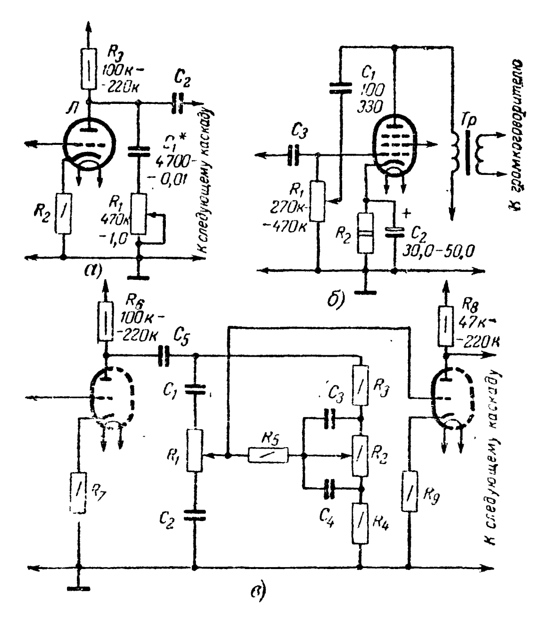


Рис. 12-1. Схемы регуляторов тембра в ламповых усилителях.

а — регулятор верхних частот в каскаде предварительного усиления; *б* — то же в оконечном каскаде; *в* — схема с раздельным регулированием верхних и нижних частот.

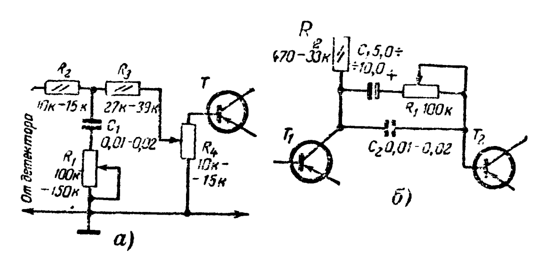


Рис. 12-2. Схемы регуляторов тембра в транзисторных усилителях.

а — регулятор верхних частот; *б* — регулятор нижних частот.

Таблица 12-1

Данные деталей схемы на рис. 12-1, *в*

	Варианты			
	I	II	III	IV
R_1, *Мом*	2,2	1,0	1,0	1,0
R_2, *Мом*	2,2	2,2	1,0	3,3
R_3, *Мом*	1,2	0,1	0,1	—
R_4, *ком*	150	10	10	100
R_5, *ком*	—	100	100	220
C_1, *пф*	33	150	220	82
C_2, *пф*	680	2 200	2 200	3 600
C_3, *пф*	270	2 200	2 200	—
C_4, *мкф*	0,0033	0,01	0,02	0,03
C_5, *мкф*	0,05	0,05	0,05	0,03

низшей частоты его на 10—15 *дб.* Данные деталей схемы на рис. 12-1, *в* см. в табл. 12-1.

В схеме на рис. 12-2, *а* в регулятор тембра входят конденсатор C_1 и резисторы R_1—R_3; потенциометром R_4 регулируют громкость. В схемах на рис. 12-1, *а*, 12-1, *б* и 12-2, *б* регуляторы тембра образуются потенциометрами (переменными резисторами) R_1 и конденсаторами C_1.

РАЗДЕЛ 13

СХЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ ТЕЛЕВИЗОРОВ

13-1. ВХОДНЫЕ БЛОКИ

Отечественная промышленность выпускает унифицированные входные блоки с переключателями на 12 телевизионных каналов. Эти блоки имеют обозначение ПТК (ранее входные блоки выпускались с обозначением ПТП). В состав такого блока входят усилитель ВЧ на двойном триоде с малым уровнем внутренних шумов и преобразователь частоты на триод-пентоде (рис. 13-1 и 13-2).

Для каждого из 12 телевизионных каналов входной блок имеет отдельные контурные катушки индуктивности, расположенные в барабане переключателя (рис. 13-3); при вращении ручки переключателя катушки включаются во входной контур, в контуры усилителя ВЧ и в контур гетеродина. В схеме на рис. 13-1 показаны катушки, относящиеся только к первому, второму и двенадцатому телевизионным каналам; в контуры входного блока включены катушки для работы в первом канале.

Связь антенного фидера с усилителем ВЧ индуктивная для приема на первом канале с помощью катушек L_1 и L_2. Принятый ВЧ сигнал поступает на сетку левого по схеме триода лампы 6Н14П. На эту же сетку через штырек *4* штепсельного разъема $Ш_1$ и рези-

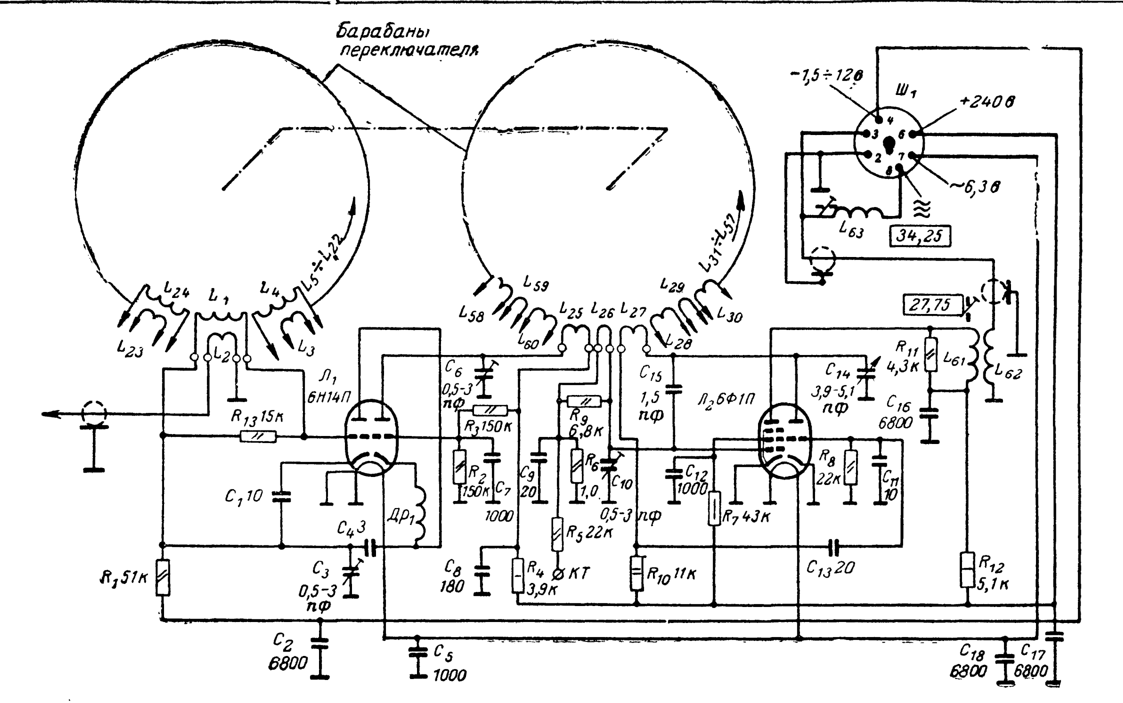


Рис. 13-1. Принципиальная схема входного блока ПТК. Штепсель $Ш_1$ включается в гнездо разъема приемно-усилительного блока.

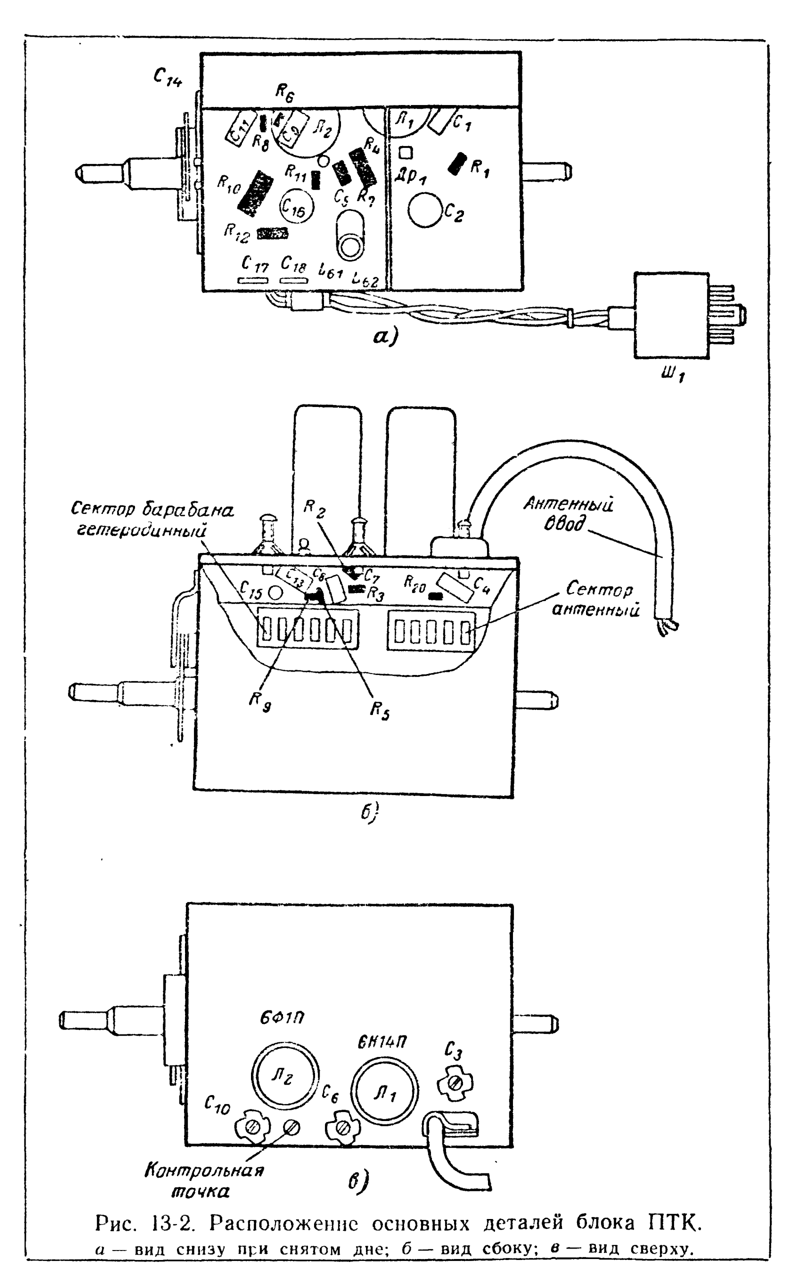


Рис. 13-2. Расположение основных деталей блока ПТК.

а — вид снизу при снятом дне; *б* — вид сбоку; *в* — вид сверху.

стор R_1 подается отрицательное смещение с потенциометра, находящегося в приемно-усилительном блоке (R_1 в схеме на рис. 13-6). Этим потенциометром регулируют смещение на сетке упомянутого триода, что вызывает изменение усиления блока ПТК и контрастности изображения на экране телевизора.

Анодной нагрузкой левого триода лампы 6Н14П является резонансный контур, образованный индуктивностью дросселя $Др_1$, выходной емкостью этого триода и емкостью катод — нить накала правого по схеме триода той же лампы. Резонансная характеристика

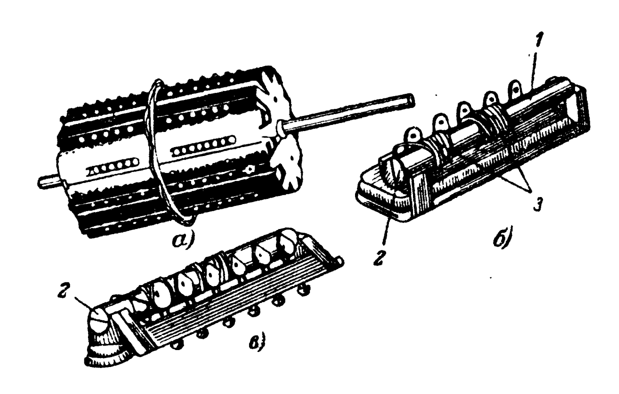


Рис. 13-3. Переключатель барабанного типа блока ПТК.

а — общий вид: *1* — сектор катушек входного контура; *2* — сектор катушек гетеродина и фильтра УВЧ; *б* — катушки входного контура одного из каналов; *в* — катушки гетеродина и фильтра УВЧ одного из каналов: *1* — каркас из электрокартона; *2* — сердечник подстроечный; *3* — обмотки катушек.

этого контура очень полога, что позволяет без переключения получить достаточно равномерное усиление в диапазоне частот всех 12 телевизионных каналов. Сетка правого по схеме триода соединена с шасси через конденсатор C_7. Проходная емкость лампы при этом невелика, что обеспечивает получение большого усиления без опасности самовозбуждения.

Нагрузкой анодной цепи правого триода является двухконтурный полосовой фильтр, состоящий из конденсаторов C_6 и C_{10} и катушек индуктивности, находящихся в барабане переключателя каналов (в положении «первый канал» в полосовой фильтр включены катушки индуктивности L_{25} и L_{26}).

Усиленный ВЧ сигнал со второго контура полосового фильтра поступает на управляющую сетку пентодной части лампы 6Ф1П, работающей в смесителе преобразователя частоты. Через конденсатор C_{15} на эту же сетку поступает напряжение гетеродина, в котором работает триодная часть лампы 6Ф1П. При этом в цепи управляющей сетки пентодной части этой лампы протекает сеточный ток,

образующий падение напряжения на резисторе R_6. Наличие падения напряжения можно обнаружить вольтметром, подключенным к контрольной точке *КТ*. При неисправном гетеродине падения напряжения на резисторе R_6 нет и стрелка вольтметра не отклонится. Конденсатором переменной емкости C_{14} производится подстройка частоты гетеродина во время приема.

Сигналы ПЧ изображения (несущая частота 34,25 *Мгц*) и звука (несущая частота 27,75 *Мгц*) выделяются в анодной цепи смесителя с помощью полосового фильтра, образованного катушками L_{61}—L_{63} с емкостью анод — катод лампы смесителя, емкостью отрезка соединительного кабеля и входной емкостью первой лампы УПЧ. Эти сигналы поступают на вход УПЧ (см. рис. 3-11, 3-12, 13-6 и 16-1) через штырек *8* штепсельного разъема $Ш_1$.

Блоки ПТК изготавливают с длиной осей переключателей 38, 46, 74 и 87 *мм*. В соответствии с этим блоки обозначают: ПТК-38, ПТК-46 и т. д.

Антенный вход блока рассчитан на подключение антенного фидера из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом*.

Соединение блока ПТК со входом УПЧ телевизора осуществляется с помощью восьмиштырькового штепселя $Ш_1$.

Блок ПТК-4С (рис. 13-4) обладает лучшей избирательностью по промежуточной частоте и значительно меньшим уровнем помех, создаваемых излучением гетеродина, по сравнению с блоком ПТК. На входе блока включен контур L_{64}, C_{19}, понижено анодное напряжение гетеродина, включен дроссель $Др_3$ в анодную цепь его лампы и ВЧ фильтр C_5, $Др_2$, C_{18} в цепь питания накала ламп.

Блок ПТК-7 (рис. 13-5) отличается от блоков ПТК других типов применением печатного монтажа; катушки индуктивности выполнены также печатным методом. В усилителе ВЧ работает лампа 6Н24П, обеспечивающая лучшее отношение сигнал/шум по сравнению с лампой 6Н14П. Для подстройки частоты гетеродина используется полупроводниковый диод типа Д1Г, подключенный к катушке контура гетеродина через конденсаторы C_{16} и C_{17}. Междуэлектродная емкость этого диода зависит от величины приложенного к нему обратного напряжения. Это напряжение вырабатывается в системе автоматической подстройки частоты (если она имеется в телевизоре) или подается через потенциометр от выпрямителя, если гетеродин настраивается вручную. Несущие промежуточные частоты сигналов изображения на выходе блока 38 *Мгц* и звука 31,5 *Мгц*.

13-2. ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЙ БЛОК

Ниже дается описание схемы одного из наименее сложных вариантов приемно-усилительного блока телевизора, в котором для приема звукового сопротивления используются биения между несущими частотами изображения и звука (блок-схема по рис. 3-11). Заметим, что приемно-усилительный блок телевизора часто называют блоком приемников изображения и звукового сопровождения.

Описываемый здесь приемно-усилительный блок предназначен для телевизора с кинескопом 35ЛК2Б; этот блок применен в самодельном телевизоре, который описан в разд. 16 Справочника.

Усилитель ПЧ. На вход этого усилителя через контакты *2* и *8* штепсельного разъема $К_1$ (рис. 13-6) поступают сигналы ПЧ с

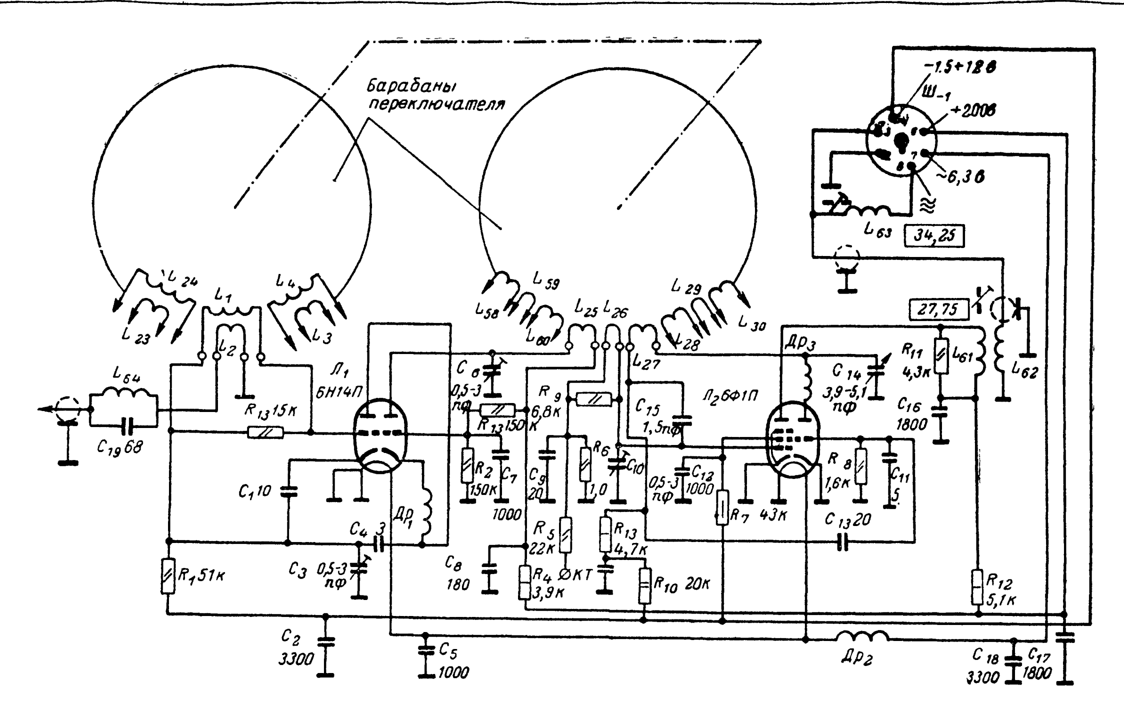
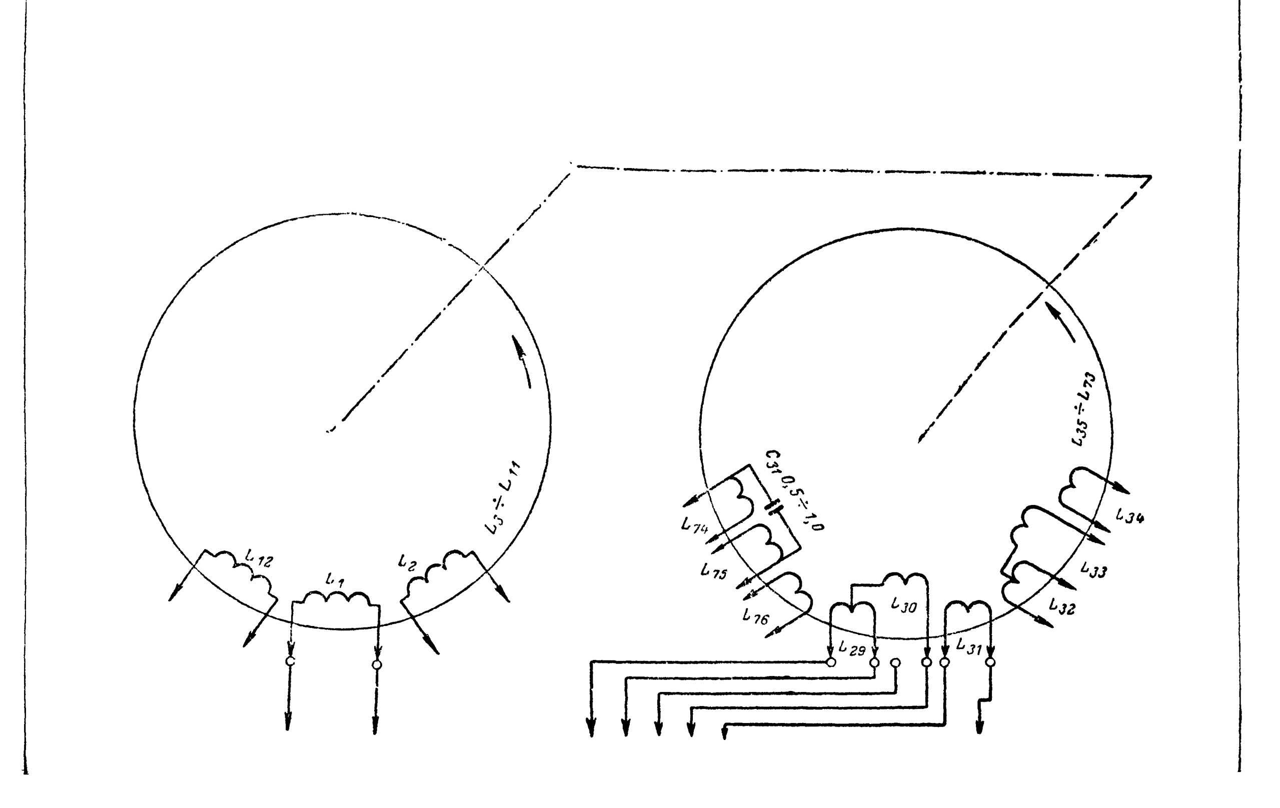


Рис. 13-4. Принципиальная схема входного блока ПТК-4.


L12
L1
L2
L3 ÷ L11
L35 ÷ L73
C31 0,5 ÷ 1,0
L74
L75
L76
L29
L30
L31
L32
L33
L34

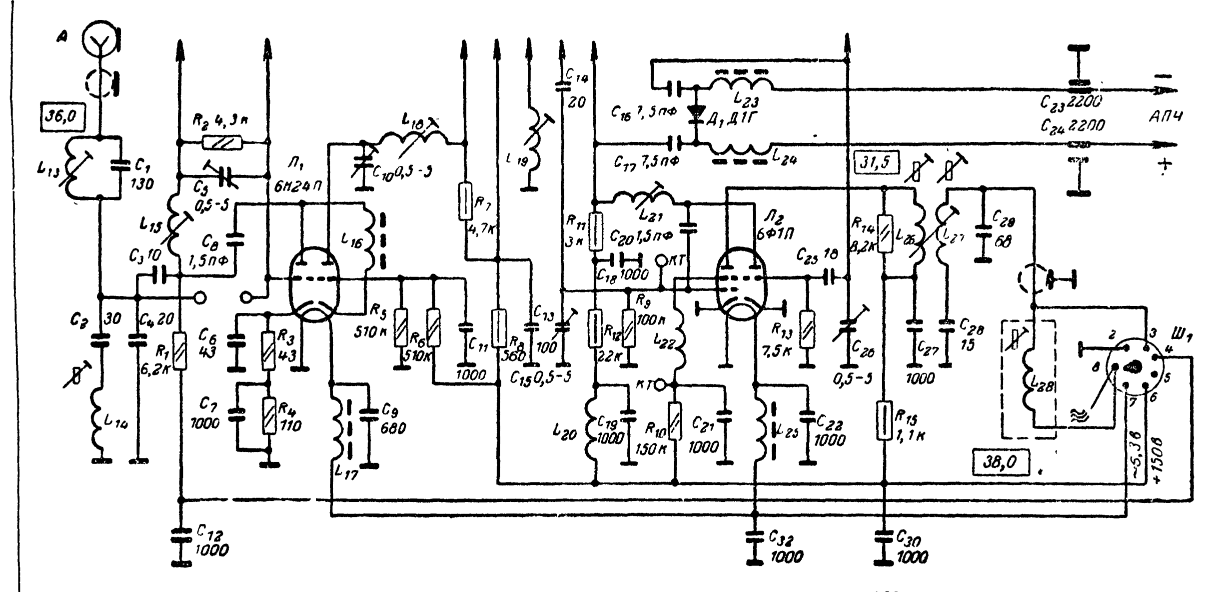


Рис. 13-5. Принципиальная схема входного блока ПТК-7.
Емкость конденсаторов C_5, C_{10}, C_{15}, C_{26} и C_{31} обозначены в пикофарадах.

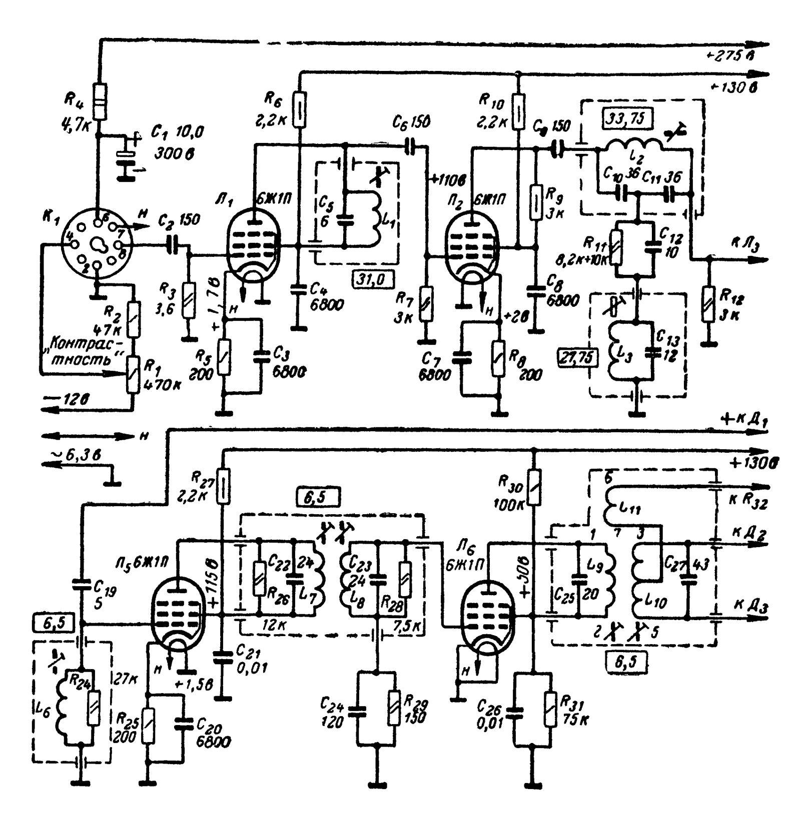


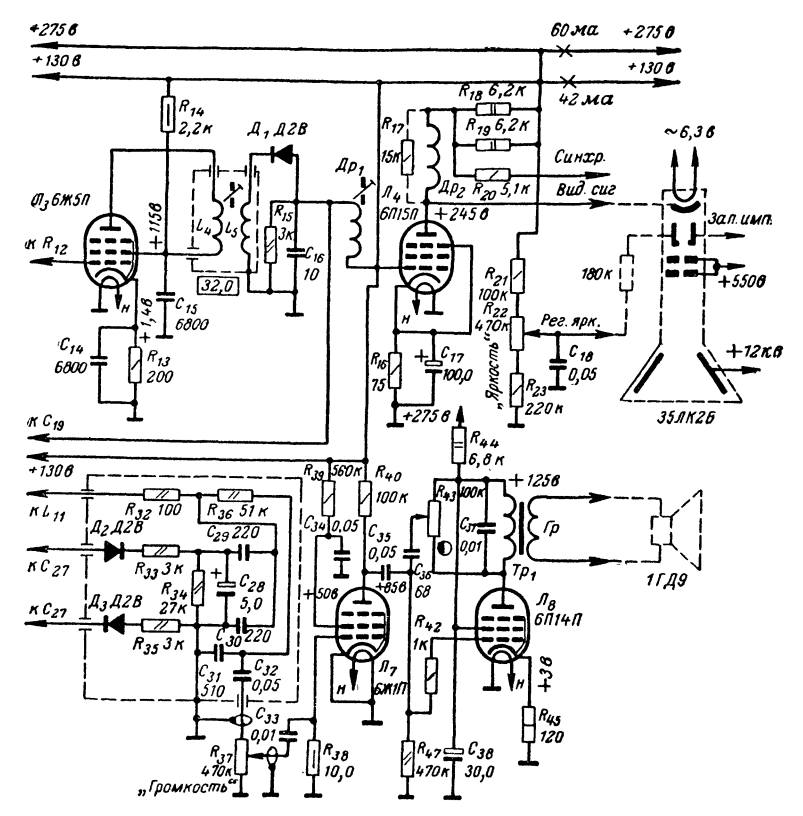
Рис. 13-6. Принципиальная схема приемно-

Показанные на схеме напряжения измерены при приеме телевизионного

преобразователя частоты входного блока (переключателя каналов типа ПТК, ПТК-4 или аналогичного). Через этот же разъем на входной блок ПТК (от цепей питания усилителя) подаются питающие напряжения. Ввиду того что входные блоки различных типов требуют для своих анодных цепей различные анодные напряжения и различные токи, резистор R_4, через который проходит этот ток, должен иметь разное сопротивление (для ПТК — 4,7 *ком*, а для ПТК-4С—2 *ком*). Резистор R_3 остается неизменным (3,6 *ком*).

Потенциометр R_1 служит для регулирования контрастности изображения на экране телевизора путем изменения смещения на управляющей сетке лампы УВЧ входного блока (см. § 13-1).

В усилителе ПЧ осуществляется основное усиление принятых сигналов изображения и звука до уровня, необходимого для нормальной работы видеодетектора. Кроме того, УПЧ определяет избирательность телевизора.



усилительного блока телевизора.

сигнала прибором Ц-20 (входное сопротивление прибора 10 000 *ом/в*).

Для получения четкого изображения на экране кинескопа необходимо, чтобы УПЧ хорошо усиливал весь спектр частот сигнала изображения. Так как в этом спектре имеются составляющие с частотами до 5—5,5 *Мгц*, то полоса пропускания УПЧ должна иметь ширину такого же порядка.

Поступивший сигнал ПЧ усиливается в первом каскаде лампой $Л_1$. Одиночный резонансный контур, состоящий из катушки индуктивности L_1 и конденсатора C_5 и включенный в анодную цепь этой лампы, настроен на среднюю частоту полосы пропускания усилителя ПЧ (31 *Мгц*). Изменением сопротивления резистора R_7, включенного в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$, можно изменять усиление УПЧ в области средних частот его полосы пропускания, добиваясь этим лучшей равномерности усиления в пределах всей полосы.

Второй каскад усиления ПЧ с лампой $Л_2$ собран по схеме с Т-контуром (рис. 6-3), состоящим из катушек индуктивности L_2, L_3

и конденсаторов C_{10}, C_{11}, C_{12} и C_{13}. Усиленный лампой $Л_2$ сигнал поступает с резистора R_{12} в цепь управляющей сетки лампы $Л_3$.

Частотная характеристика каскада с Т-контуром (рис. 13-7) имеет два максимума на частотах f_1, f_2 и ярко выраженный провал между ними. Усиление каскада на несущей промежуточной частоте звукового сопротивления $f_{зв}=27{,}75$ *Мгц* резко снижено (необходимость такого снижения объяснена на стр. 86), что обеспечивается настройкой на эту частоту резонансного контура, состоящего из последовательно соединенных катушки индуктивности L_3 и конденсатора C_{12}.

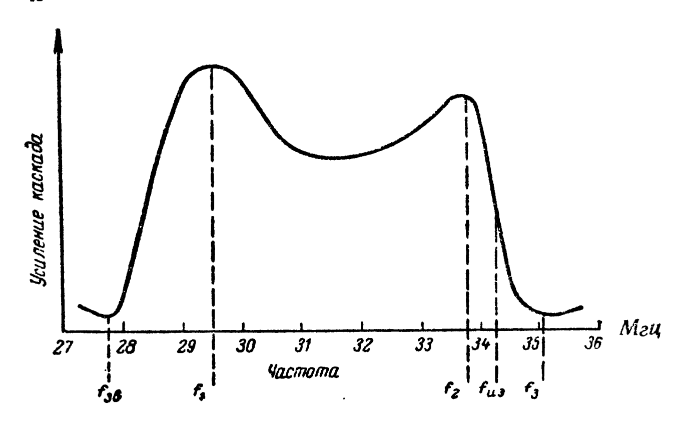


Рис. 13-7. Частотная характеристика каскада УПЧ с Т-контуром.

Первый максимум усиления каскада на частоте f_1 обусловлен резонансом параллельного контура, состоящего из катушки L_3, конденсатора C_{13} и входной емкости лампы $Л_3$. Второй максимум усиления каскада с Т-контуром определяется резонансом системы, образованной катушкой L_2 и входной емкостью лампы $Л_3$, на частоте $f_2=33{,}75$ *Мгц*. Наконец, резкое снижение усиления на частоте f_3 вызывается тем, что на эту частоту настроен контур, состоящий из катушки L_2 и конденсаторов C_{10} и C_{11}. Подключение контура L_3, C_{13} к средней точке контура $L_2 C_{10} C_{11}$ исключает взаимное влияние их на настройку, что значительно упрощает налаживание усилителя ПЧ.

Другие каскады усилителя ПЧ с контурами, настроенными на средние частоты полосы пропускания, выравнивают общую частотную характеристику усилителя ПЧ.

Благодаря значительному уменьшению усиления каскада с Т-контуром на частотах ниже 28 *Мгц* помехи на изображении со стороны несущих частот звука принимаемого и соседнего телевизионных каналов резко снижаются.

Для получения широкой полосы пропускания связь анодной цепи лампы $Л_3$ третьего каскада усилителя ПЧ с видеодетектором сделана очень сильной (витки катушки L_4 намотаны между витками катушки L_5). Общая частотная характеристика всех каскадов УПЧ близка к изображенной на рис. 3-17.

На нагрузке видеодетектора (резистор R_{15}), кроме видеосигнала, выделяются также колебания с частотой биений между несущими промежуточными частотами изображения и звука. Колебания эти поступают на вход усилителя разностной частоты.

Видеоусилитель. Полный видеосигнал подается с детектора на управляющую сетку лампы $Л_4$ видеоусилителя. Дроссель $Др_1$ с конденсатором C_{16} и входной емкостью лампы $Л_4$ образуют фильтр, не пропускающий колебания ПЧ с нагрузки видеодетектора на вход видеоусилителя.

Анодная нагрузка лампы $Л_4$ состоит из дросселя $Др_2$ и соединенных параллельно резисторов R_{18} и R_{19}. Необходимость включения резистора R_{17} определяется в процессе налаживания телевизора. Дроссель образует с выходной емкостью лампы $Л_4$ и входной емкостью модулятора кинескопа, а также с монтажными емкостями схемы резонансный контур, настроенный на частоту 4,5—5 *Мгц*. Этим достигаются увеличение усиления на высших частотах спектра видеосигнала и расширение полосы усиливаемых частот до 5,0—5,5 *Мгц*. Усиленный лампой $Л_4$ видеосигнал по проводу *Вид. сиг.* поступает на катод кинескопа (он не входит в состав приемно-усилительного блока и показан в правой части рис. 13-6 пунктиром).

Усилитель разностной частоты. В результате воздействия на видеодетектор промежуточных частот изображения и звука (несущие частоты 34,25 и 27,75 *Мгц*) на его нагрузке (резистор R_{15}) выделяются ЧМ колебания с несущей разностной частотой 6,5 *Мгц*. Эти колебания усиливаются однокаскадным усилителем с лампой $Л_5$. В ее сеточную цепь включен резонансный контур с катушкой L_6, настроенный на частоту 6,5 *Мгц*. Для расширения полосы пропускания контур шунтирован резистором R_{24}. В анодную цепь лампы $Л_5$ включен полосовой фильтр $L_7C_{22}L_8C_{23}$, контуры которого шунтированы резисторами R_{26} и R_{28}. Частотная характеристика фильтра имеет плоскую вершину и крутые скаты за пределами полосы пропускания.

Второй каскад усилителя разностной частоты на лампе $Л_6$ работает в режиме ограничителя.

Частотный детектор. Из анодной цепи лампы ограничителя через настроенный фазосдвигающий трансформатор, состоящий из катушек L_9, L_{10} и L_{11}, сигнал поступает на частотный детектор (несимметричный детектор отношений) на германиевых диодах $Д_2$ и $Д_3$, который преобразует ЧМ сигнал разностной частоты в НЧ сигнал. С частотного детектора сигнал НЧ через фильтр из резистора R_{36} и конденсатора C_{31} поступает на регулятор громкости R_{37}, включенный на входе УНЧ. Этот фильтр ослабляет верхние звуковые частоты, подъем которых осуществляется на передатчике звука телецентра для повышения помехоустойчивости приема. Высокочастотные составляющие сигналов помех ослабляются этим фильтром, а уровень верхних звуковых частот приводится к нормальному.

Усилитель НЧ двухкаскадный на лампах $Л_7$ и $Л_8$. Для регулирования тембра в нем используется частотнозависимая отрицательная обратная связь из анодной цепи лампы $Л_8$ в ее сеточную цепь. Регулирование тембра осуществляется потенциометром R_{43}.

Питание приемно-усилительного блока. Для питания приемно-усилительного блока требуются: а) переменный ток 2,25 *а* при напряжении 6,3 *в* для накала ламп; б) постоянные токи для питания цепей анодов и экранирующих сеток около 60 *ма* при напряжении

Таблица 13-1

Применение в самодельном телевизоре покупных конструктивных узлов с катушками индуктивности

Обозначение узла (группы деталей) в в схеме на рис. 13-6	От телевизора	Заводское обозначение узла
L_1, C_5, R_7	«Рекорд», «Рекорд-А»	L_1, C_7, R_9
L_1, C_6	«Рубин»	Контур К-1
L_2, C_9, R_9	«Рекорд»	L_3, C_{10}, R_{11}
L_2, C_{10}, C_{11}	«Рубин»	Контур К-2
L_2, L_3, C_{10}, C_{11}, C_{12}	«Старт»	Контур К-2
L_3, C_{12}, C_{13}	«Рекорд»	L_4, C_{13}, C_{14}
L_3, C_{13}	«Рубин»	Контур К-3
L_4, L_5, C_{16}, R_{15}	«Рекорд»	L_5, L_6, C_{17}, R_{16}
L_4, L_5, C_{16}, R_{15}	«Рубин»	Контур К-5
L_4, L_5	«Старт»	Контур К-3*
L_6, C_{19}	«Рекорд» «Рубин»	L_8, C_{25} Контур К-6
L_6	«Темп-3» «Темп-6» «Темп-7»	Контур К-1
L_7, L_8, C_{22}, C_{23}	«Рубин»	Контур К-7
	«Темп-3» «Темп-6» «Темп-7»	Контур К-2
L_9, L_{10}, L_{11}, C_{25}, C_{27}	«Рубин»	Контур К-8
	«Темп-6» «Темп-7»	Контур К-3

* Резистор 2,7 *ком* удалить.

275 *в* и 42 *ма* при напряжении 130 *в* и в) постоянный ток для питания цепи регулировки усиления входного блока 0,05 *ма* при 12 *в*.

Контурные катушки индуктивности. В приемно-усилительном блоке можно использовать готовые унифицированные конструктивные узлы с контурными катушками индуктивности, применяемые в различных заводских телевизорах (табл. 13-1 и рис. 13-8). В случае

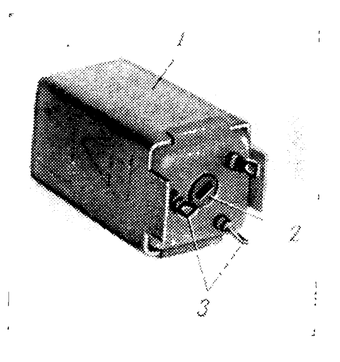


Рис. 13-8. Внешний вид унифицированного контура для УПЧ телевизора «Рубин».

1 — экран; *2*—магнитный сердечник; *3* — контактные выводы.

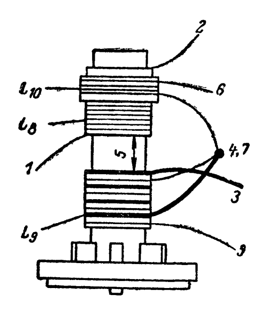


Рис. 13-9. Катушки контуров фазосдвигающего трансформатора частотного детектора.

Обозначения выводов соответствуют указанным в схеме на рис. 13-6.

затруднений в приобретении таких узлов катушки можно намотать на пластмассовых каркасах катушек от телевизора «Рубин», «Рекорд», «Старт», «Темп-3», «Темп-6», «Темп-7» по данным табл. 13-2. От этих же телевизоров можно использовать и экраны для катушек.

Таблица 13-2

Моточные данные контурных катушек*

Обозначения в схеме по рис. 13-6	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}
Число витков . . .	13	9	23	22	22	68	52	52	50	19+19	11
Способ намотки и провод .	Один слой ПЭЛШО 0,18					Один слой ПЭЛ 0,12					

* Катушки L_4 и L_5 наматывают на общем каркасе одновременно, располагая витки одной из катушек между витками другой.

Катушки L_7 и L_8 наматывают на общем каркасе на расстоянии 2 *мм* друг от друга.

Катушки L_9, L_{10} и L_{11} наматывают на общем каркасе, как показано на рис. 13-9.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ (рис. 13-10) наматывают на бумажных каркасах, склеенных из двух-трех слоев кальки или кабельной бумаги на оправке диаметром 3 и длиной 35—40 *мм*. Выводы делают из одножильного провода без изоляции, закрепляемого на каркасе двумя витками и скруткой. Намотку делают проводом ПЭЛ 0,08 виток

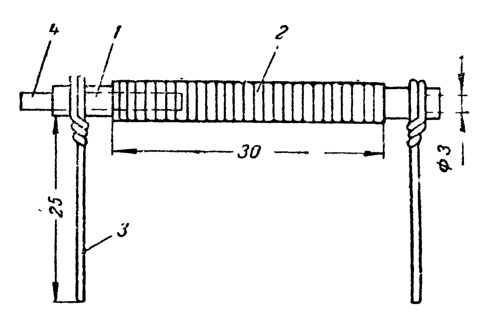


Рис. 13-10. Дроссель высокочастотной коррекции видеоусилителя.

1 — бумажный каркас; *2* — обмотка; *3* — проволочный вывод; *4* — сердечник из феррита 600 НН.

к витку на длине 30—32 *мм* и затем покрывают полистирольным лаком или клеем АК-20. Для подгонки индуктивности дросселя используется сердечник диаметром 2,6 *мм* из феррита марки 600 НН.

13-3. БЛОК РАЗВЕРТОК

Ниже дается описание схемы блока разверток (рис. 13-11), который радиолюбитель может смонтировать из стандартных и унифицированных деталей, выпускаемых отечественной промышленностью. Блок предназначен для работы с кинескопом 35ЛК2Б, на котором установлена унифицированная отклоняющая система. Блок вырабатывает пилообразные токи строчной и кадровой разверток для управления движением луча кинескопа, а также высокие напряжения 550 *в* и 12 *кв* для питания кинескопа. Этот блок разверток входит как составная часть в самодельный телевизор, описание которого дается в разд. 16 Справочника.

Амплитудный селектор импульсов синхронизации. Полный видеосигнал поступает с видеоусилителя по цепи *Синхр* на управляющую сетку пентодной части лампы 6Ф1П ($Л_1$ в схеме на рис. 13-11), которая работает в амплитудном селекторе. Последний необходим для того, чтобы из полного видеосигнала выделить синхронизирующие импульсы (далее будем называть их сокращенно: синхроимпульсы). Они используются для синхронизации генераторов разверток (см. § 2-1, 2-4 и рис. 3-11 и 3-12 в § 3-3).

Синхроимпульсы по амплитуде составляют 25% максимального размаха полного видеосигнала. Для получения изображения нормальной контрастности на модулирующий электрод кинескопа необ-

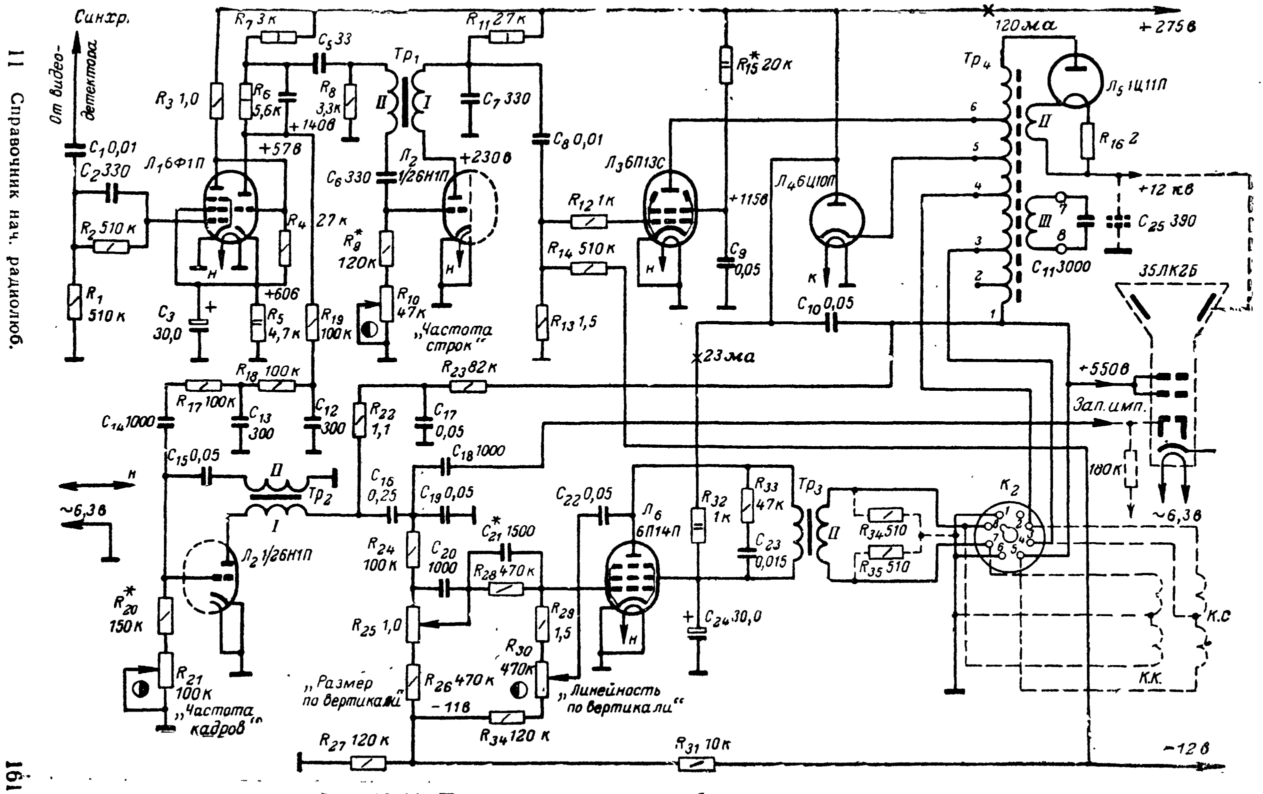


Рис. 13-11. Принципиальная схема блока разверток телевизора.

Показанные на схеме напряжения электродов ламп измерены при приеме телевизионного сигнала прибором Ц-20 с входным сопротивлением 10 000 ом/в.

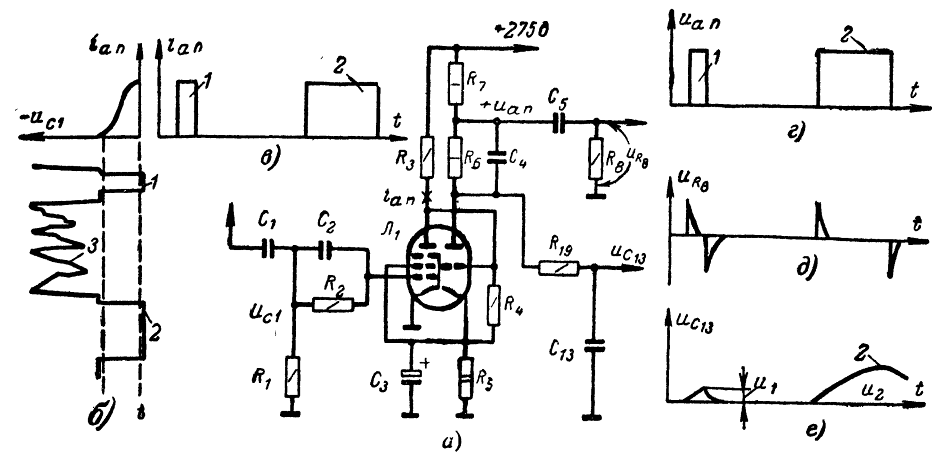


Рис. 13-12. К пояснению принципа действия амплитудного селектора импульсов синхронизации.

а — принципиальная схема; *б* — напряжение на входе селектора; *в* — отделенные синхроимпульсы в анодной цепи пентодной части лампы $Л_1$; *г* — ограниченные синхроимпульсы на резисторах R_6 и R_7; *д* — импульсы на выходе дифференцирующей цепи; *е* — импульсы на выходе интегрирующей цепи.

1 — строчный синхроимпульс; *2* — кадровый синхроимпульс; *3* — сигналы изображения.

ходимо подать видеосигнал, размах которого имеет величину 30—40 *в*. При этом амплитуда синхроимпульсов в сигнале составляет 7,5—10 *в*. Амплитудный селектор по схеме сеточно-анодного ограничителя на пентоде по рис. 13-12 применяется в телевизорах многих типов. Напряжение видеосигнала с синхроимпульсами положительной полярности (рис. 13-12, *б*), подаваемое на управляющую сетку пентода, заходит в область сеточных токов и область отсечки (прекращения) анодного тока. Анодное напряжение выбирается небольшим. При этом анодный ток прекращается при отрицательном напряжении на управляющей сетке $U_{c1}=7,5 \div 10$ *в* или меньше. Положительные импульсы синхронизации вызывают появление сеточных токов, которые заряжают конденсатор C_1 до напряжения, равного амплитуде полного видеосигнала. При этом пентод оказывается закрытым этим напряжением и открывается только синхроимпульсами, амплитуда которых превышает напряжение отсечки. В анодной цепи пентодной части лампы $Л_1$ получаются импульсы тока, соответствующие импульсам синхронизации (рис. 13-12, *в*). Постоянная времени[1] цепи R_1C_1 имеет большую величину, с тем чтобы напряжение на обкладках конденсатора C_1 и управляющей сетке лампы не уменьшалось в промежутках между синхроимпульсами. При этом импульсные помехи, превышающие по амплитуде синхроимпульсы, создадут сеточный ток, который зарядит конденсатор C_1 до большого отрицательного напряжения. И пока конденсатор не разрядится, лампа будет заперта. Поэтому ряд синхроимпульсов не воспроизводится в анодной цепи и синхронизация может нарушиться. Для того чтобы избежать этого, в цепь управляющей сетки пентодной части лампы $Л_1$ включена цепь из резистора R_2 и конденсатора C_2. Емкость этого конденсатора значительно меньше емкости конденсатора C_1. Поэтому во время действия импульсов помех с большой амплитудой конденсатор C_2 заряжается и разряжается через резистор R_2 значительно быстрее конденсатора C_1. В результате сразу же после окончания помехи на управляющей сетке лампы устанавливается нормальное смещение.

Триодная часть лампы $Л_1$ выполняет функции дополнительного ограничителя синхроимпульсов. Питание на анод и экранирующую сетку пентодной части лампы $Л_1$ подается с катода триодной части за счет падения напряжения на резисторе R_5. Анодной нагрузкой пентодной части служит резистор R_3. Связь между каскадами — без переходного конденсатора, что улучшает работу триодной части лампы в качестве ограничителя синхроимпульсов при изменении амплитуды их в широких пределах.

Цепи разделения синхроимпульсов. Чтобы использовать синхроимпульсы для синхронизации генераторов развертки луча кинескопа по строкам и кадру, необходимо разделить их на строчные и кадровые. Это нужно для того, чтобы строчные синхроимпульсы не попали в генератор кадровой развертки и не вызвали неустойчивости

---

[1] Постоянная времени $\tau=RC$. Если R выражено в омах и C в фарадах, либо R в мегомах и C в микрофарадах, то в обоих случаях τ получается в секундах.

Постоянная времени показывает: а) за какое время на заряженном конденсаторе данной емкости C, разряжаемом через резистор данного сопротивления R, напряжение уменьшится до 63% по сравнению с начальной величиной либо б) за какое время напряжение на конденсаторе, заряжаемом через резистор, нарастет до 63% максимально возможной величины.

кадровой синхронизации. Отделение кадровых синхроимпульсов, имеющих большую длительность, производится интегрирующей (накопительной) цепочкой $R_{19}C_{13}$. Постоянная времени этой цепочки τ выбирается такой, чтобы за время кадрового синхроимпульса *2* конденсатор C_{13} успевал зарядиться (накопить заряд) через резистор R_{19} до полного напряжения u_2 (рис. 13-12, *е*), а за более короткое время строчного синхроимпульса *1* заряд конденсатора оказывался малым (u_1). В результате на выходе интегрирующей цепочки выделяются импульсы кадровой синхронизации.

Для выделения импульсов строчной синхронизации служит дифференцирующая (укорачивающая импульсы) цепочка, состоящая из

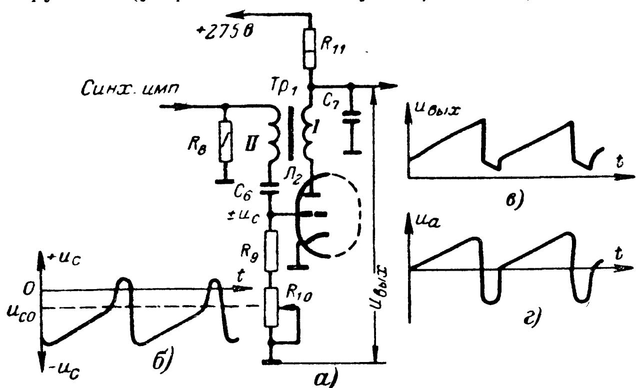


Рис. 13-13. К пояснению принципа действия блокинг-генератора.

а — принципиальная схема; *б* — напряжение на сетке лампы; *в* — напряжение на выходе; *г* — напряжение на анодной обмотке *I* трансформатора Tp_1.

конденсатора C_5 и резистора R_8. Конденсатор C_5 быстро заряжается от синхроимпульса и так же быстро разряжается после его окончания. В результате ток заряда и разряда конденсатора C_5 создает на резисторе R_8 падение напряжения в виде укороченных импульсов (рис. 13-12, *д*), которые и используются для синхронизации генератора строчной развертки.

Генератор строчной развертки вырабатывает переменный ток пилообразной формы, необходимый для получения плавного и равномерного движения луча по экрану кинескопа вдоль строк слева направо с последующим быстрым возвратом его к началу следующей строки. В современных кинескопах это осуществляется с помощью переменного магнитного поля, создаваемого катушками отклоняющей системы. В описываемом блоке в качестве генератора задающего частоту генерируемых импульсов используется блокинг-генератор (блокинг-генератор — одноламповая автоколебательная система с сильной трансформаторной связью анодной и сеточной цепей).

Блокинг-генератор. В нем работает один из триодов лампы $Л_2$ (см. рис. 13-11). Унифицированный трансформатор Tp_1

(тип ТБС) создает сильную положительную обратную связь между сеточной и анодной цепями этого триода. При этом в схеме возникают колебания сложной формы, имеющие вид периодических импульсов (рис. 13-13). Сеточные токи верхнего триода лампы $Л_2$, возникающие в моменты появления положительных импульсов напряжения на обмотке *II* трансформатора $Тр_1$, заряжают конденсатор C_6. Благодаря отрицательному знаку напряжения на нижней (по схеме) обкладке этого конденсатора верхний триод лампы $Л_2$ бóльшую часть времени оказывается закрытым. Отпирается триод только тогда, когда напряжение на конденсаторе C_6 уменьшается до величины u_{co} за счет разряда его через резисторы R_9 и R_{10}, обмотку *II* трансформатора $Тр_1$ и резистор R_8. Появившийся анодный ток триода создает импульсное напряжение на его обмотке *I* (рис. 13-13, *г*). Это напряжение трансформируется в обмотку *II* и еще больше отпирает триод. В результате за счет положительной обратной связи в схеме возникает колебательный процесс и на обмотке *II* снова возникает положительный импульс напряжения, вызывающий появление сеточного тока и запирание первого триода лампы $Л_2$.

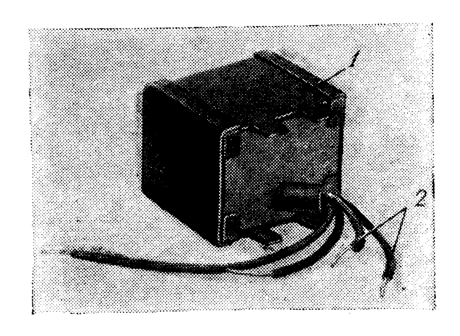


Рис. 13-14. Внешний вид трансформаторов типов ТБС и ТБК блокинг-генераторов.

1 — экран; *2* — выводы.

На конденсаторе C_7 образуется пилообразное импульсное напряжение (рис. 13-13, *в*) за счет медленного заряда его напряжением питания 275 *в* через резистор R_{11} и быстрого разряда через триод лампы $Л_2$ в момент отпирания его. Вместо унифицированного трансформатора (рис. 13-14) в блокинг-генераторе можно использовать трансформатор аналогичного назначения от телевизора «Авангард», «Луч» или «Север», либо изготовить его со следующими данными: сердечник Ш12×12 из трансформаторной стали; обмотка *I* — 210 витков, обмотка *II* — 100 витков ПЭЛ 0,2.

Генератор пилообразного тока. Пилообразное импульсное напряжение (рис. 13-13, *в*) с блокинг-генератора строк подается через конденсатор C_8 на управляющую сетку лампы $Л_3$ (рис. 13-11 и 13-15), работающей в оконечном усилительном каскаде-генераторе пилообразного тока. В анодной цепи этой лампы включен унифицированный выходной трансформатор $Тр_4$ типа ТВС (см. рис. 13-16 и 13-17). Строчные отклоняющие катушки *КС* подключены к части витков обмотки этого трансформатора. Эти катушки изображены в правой части схемы на рис. 13-11 пунктиром; подключаются они через контакты *3*, *4* и *5* штепсельного разъема K_2. Вместо лампы 6П13С в генераторе пилообразного тока можно применить лампу 6П31С с соответствующим изменением монтажа ламповой панели и лампу 6П36С с заменой ламповой панели.

Высоковольтный выпрямитель. При быстрых изменениях тока во время обратного хода луча по строке на концах первичной обмотки трансформатора $Тр_4$ возникают импульсы напряжения (рис. 13-15, *б*), достигающие нескольких киловольт. Эти импульсы используются для получения высокого постоянного напряжения, питающего анод кинескопа (показан в правой части схемы на рис. 13-11). С этой целью импульсы выпрямляются высоковольтным кенотроном $Л_5$ и заряжают конденсатор C_{25} (тип ПОВ и КОБ).

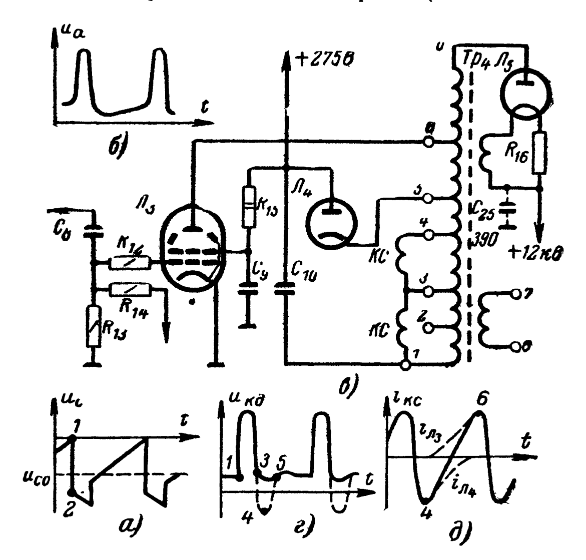


Рис. 13-15. Генератор пилообразного тока.

а — напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$; *б* — напряжение на аноде лампы $Л_3$; *в* — схема; *г* — напряжение на катоде демпферного диода $Л_4$; *д* — ток в строчных отклоняющих катушках.

Демпфирующий диод. Энергия собственных колебаний контура, образованного трансформатором $Тр_4$ со всеми подключенными к нему цепями и монтажными емкостями, используется для увеличения амплитуды пилообразного тока (рис. 13-15, *г*). Делается это с помощью диода $Л_4$, который гасит — демпфирует — собственные колебания этого контура. Выпрямленное им при этом напряжение колебаний поступает на конденсатор C_{10} и, складываясь с напряжением питания цепи анода лампы $Л_3$, повышает последнее до 550 *в*. При повышенном напряжении на аноде этой лампы улучшается линейность, получается большой размах пилообразного тока в отклоняющих катушках (интервал *4—6* на рис. 13-15, *д*). Напряжение 550 *в* используется также для питания кинескопа.

При увеличении тока через лампу $Л_3$ во время прямого хода луча по строке в трансформаторе $Тр_4$ накапливается магнитная энер-

гия. Обратный ход начинается с запирания лампы $Л_3$ (интервал времени *1—2* на рис. 13-15, *а*), ток через которую резко прекращается. При этом исчезающее магнитное поле становится источником затухающих электрических колебаний в контуре, образованном индуктивностью обмотки трансформатора $Тр_4$ отклоняющей системы и распределенной емкостью схемы. Колебательный процесс продолжается только полпериода (интервал времени *1—3* на рис. 13-15, *г*), т. е. до тех пор, пока напряжение на катоде диода $Л_4$ станет отрицательным по отношению к его аноду (период времени

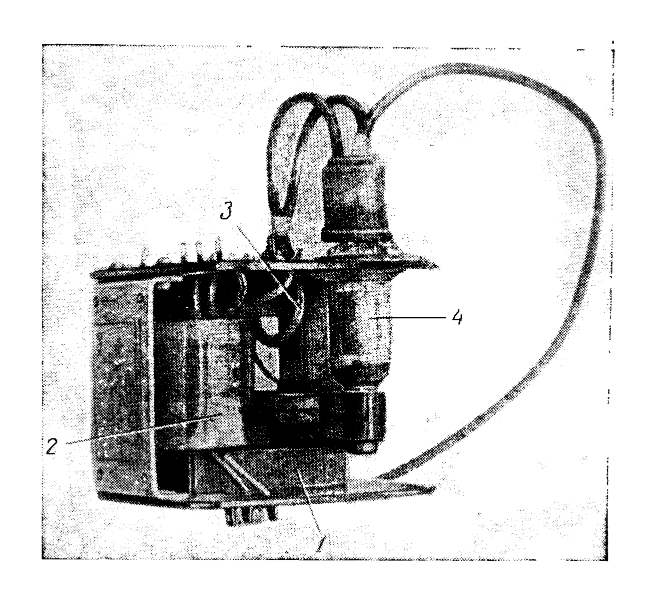


Рис. 13-16. Внешний вид выходного трансформатора ТВС.

1 — ферритовый сердечник; *2* — первичная обмотка; *3* — обмотка накала кенотрона; *4* — высоковольтный кенотрон.

3—5 на рис. 13-15, *г*) и в цепи, состоящей из диода $Л_4$, части обмотки *1—5* и конденсатора C_{10}, возникает ток, который и зарядит конденсатор C_{10}.

Данные обмоток трансформатора $Тр_4$ типа ТВС (рис. 13-16 и 13-17): анодная (выводы *1—6*) 30+105+135+270+270=810 витков провода ПЭВ-2 0,23, сопротивление R=27,4 *ом*; повышающая (выводы *6—0*): 720 витков провода ПЭЛШО 0,1, сопротивление R=152 *ом*; дополнительная (выводы *7—8*): 60 витков провода ПЭВ-2 0,23, сопротивление R=1,5 *ом*.

Генератор кадровой развертки. Пилообразный ток, образующий магнитное поле в катушках отклоняющей системы для создания

движения луча кинескопа по экрану сверху вниз (по кадру), должен иметь частоту 50 *гц*. Этот ток вырабатывает генератор кадровой развертки на нижнем (по схеме на рис. 13-11) триоде лампы $Л_2$ и лучевом тетроде $Л_6$. Триод работает в задающем генераторе по схеме блокинг-генератора коротких прямоугольных импульсов.

Блокинг-генератор. В нем сильная положительная обратная связь из анодной цепи в сеточную создается унифицированным трансформатором $Тр_2$ (тип ТБК). Требуемая частота следования импульсов блокинг-генератора устанавливается с помощью переменного резистора R_{21} («Частота кадров»). На конденсаторах C_{16} и C_{19} образуется пилообразное напряжение.

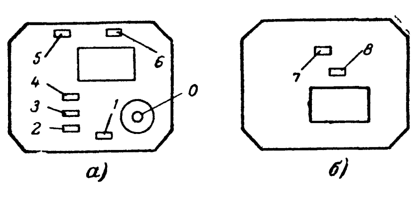


Рис. 13-17. Расположение выводов трансформатора ТВС.

а — на верхней панели; *б* — на нижней панели.

Анодная цепь блокинг-генератора подключена к конденсатору C_{10}, на котором в схеме генератора строчной развертки развивается напряжение больше 550 *в*. Цепь из резисторов R_{23} и конденсатора C_{17} предотвращает проникновение пульсаций напряжения с частотой строк в анодную цепь блокинг-генератора кадровой развертки. Через конденсатор C_{18} на модулятор (управляющий электрод) кинескопа подается импульс, запирающий электронный луч во время его обратного хода по кадру.

В блокинг-генераторе кадровой развертки можно использовать унифицированный трансформатор типа ТБК (см. рис. 13-14) или трансформатор аналогичного назначения от телевизоров «Луч», «Рекорд», «Беларусь-5» и др. Данные самодельного трансформатора: сердечник Ш12×12; обмотка *I* — 1 500, а обмотка *II* — 3 000 витков провода ПЭЛ 0,08; трансформатор заключен в стальной экран.

Оконечный каскад. Пилообразное напряжение из анодной цепи блокинг-генератора подается на делитель напряжения из резисторов R_{24}—R_{26}.

Размах (амплитуду) напряжения, поступающего на управляющую сетку лампы $Л_6$ оконечного каскада, и,

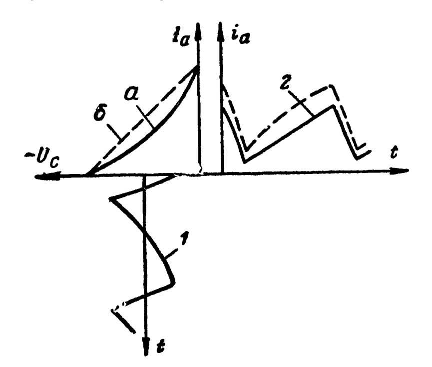


Рис. 13-18. Использование кривизны ламповой характеристики для улучшения линейности пилообразного тока.

а — реальная характеристика с кривизной; *б* — идеальная характеристика.
1 — форма напряжения на управляющей сетке лампы; *2* — форма анодного тока лампы.

следовательно, вертикальный размер растра на экране можно изменять с помощью переменного резистора R_{25} «Размер по вертикали». Конденсатор C_{20} облегчает прохождение высокочастотных составляющих кадрового пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение в сеточной цепи лампы $Л_6$ с помощью цепи из конденсатора C_{21} и резистора R_{28} преобразуется в пилообразно импульсное. Отрицательные импульсы этого напряжения используются для запирания лампы оконечного каскада и резкого изменения отклоняющего пилообразного тока с целью обеспечения обратного хода кадровой развертки.

Для получения необходимой линейности пилообразного тока на управляющую сетку лампы $Л_6$ из ее анодной цепи через цепь из конденсатора C_{22} и резисторов R_{29} и R_{30} подается напряжение отрицательной обратной связи. Глубина ее регулируется переменным резистором R_{30} «Линейность по вертикали» до получения равномерного, без сгущений и разрежений расположения строк растра. Улучшение линейности достигается также использованием кривизны характеристики лампы $Л_6$ при соответствующем выборе рабочей точки на ее характеристике (рис. 13-18). На управляющую сетку подается отрицательное смещение с делителя из резисторов R_{31} и R_{27}, подключенных к выпрямителю смещения.

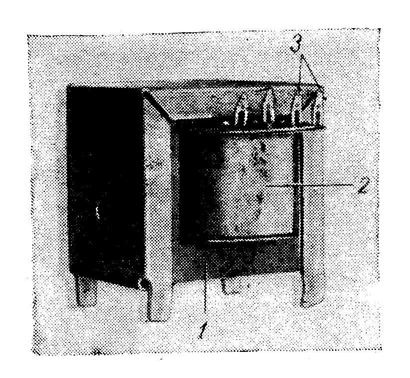


Рис. 13-19. Внешний вид трансформатора ТВК.

1 — сердечник; *2* — катушка; *3* — выводы.

Генератор тока кадровой развертки через унифицированный трансформатор $Тр_3$ (тип ТВК, рис. 13-19) нагружен кадровыми отклоняющими катушками отклоняющей системы, подключаемой через контакты *7* и *8* штепсельного разъема $К_2$. Необходимость установки резисторов R_{34} и R_{35} определяется во время налаживания. Они шунтируют каждую из кадровых катушек и служат для гашений колебаний и устранения «волнистости» (искривления) строк, которые могут возникнуть в обмотках трансформатора $Тр_3$ во время обратного хода луча. Первичная обмотка трансформатора $Тр_3$ шунтирована цепью из резистора R_{33} и конденсатора C_{23}, уменьшающей импульсы напряжения на этой обмотке во время обратного хода по кадру и предотвращающей пробой изоляции между обмотками трансформатора. Для устранения проникновения пульсаций напряжения кадровой частоты в цепь источника анодного питания в схеме предусмотрена развязывающая ячейка из резистора R_{32} и конденсатора C_{24}.

Вместо унифицированного трансформатора ТКВ можно применить самодельный со следующими данными: сердечник УШ16×32; обмотка *I* — 5 000 витков ПЭЛ 0,1; обмотка *II* — 190 витков ПЭЛ 0,51.

Отклоняющая система. Пилообразные токи от трансформаторов ТВС и ТВК блока разверток поступают в катушки отклоняющей системы (рис. 13-20). Образующиеся в ней магнитные поля заставляют электронный луч двигаться по экрану кинескопа.

Питание блока разверток. Для питания блока разверток требуются: а) переменный ток 4,2 *а* при напряжении 6,3 *в* для накала ламп; б) постоянный ток для питания цепей анодов и экранирующих сеток 120 *ма* при напряжении 275 *в*; в) постоянный ток для питания цепей смещения ламп 6П13С и 6П14П 0,1 *ма* при 12 *в*.

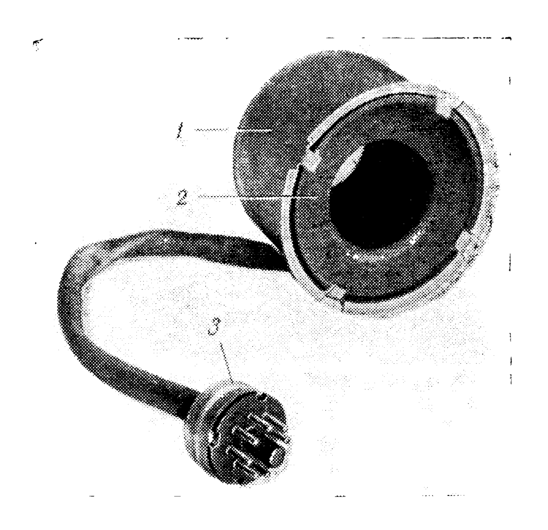


Рис. 13-20. Внешний вид унифицированной отклоняющей системы типа ОС-70 для кинескопа.

1 — экран; *2* — внутренняя гильза (каркас); *3* — штепсельный разъем.

РАЗДЕЛ 14

СХЕМЫ САМОДЕЛЬНЫХ ЛАМПОВЫХ СЕТЕВЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

14-1. ОДНОЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК С ФИКСИРОВАННОЙ НАСТРОЙКОЙ

Приемник обеспечивает на хорошую наружную антенну громкоговорящий прием мощных радиовещательных ДВ и СВ станций на расстоянии до 500—1 000 *км*. Приемник выполнен на лампе 6Ф1П (рис. 14-1). Триодная часть ее используется в сеточном детекторе с постоянной положительной обратной связью, а пентодная — в каскаде усиления НЧ. При помощи переключателя к сетке триода мож-

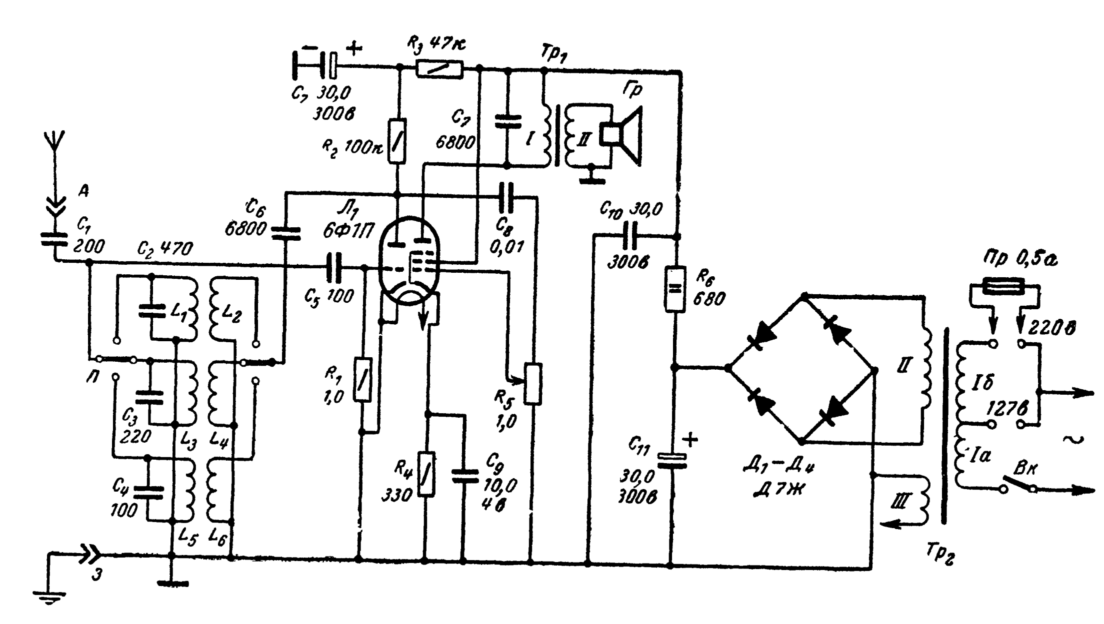


Рис. 14-1. Схема однолампового приемника с фиксированными настройками.

но поочередно подключать контуры L_1C_2, L_3C_3 и L_5C_4, заранее настроенные на три выбранные радиостанции.

Из анодной цепи триода при помощи катушек L_2, L_4, L_6 в сеточную цепь подается положительная обратная связь, величина которой постоянна и подбирается при налаживании приемника перемещением катушек обратной связи относительно катушек резонансного контура. Регулирование громкости производится потенциометром R_5.

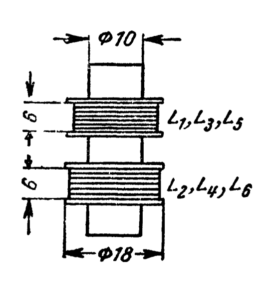


Рис. 14-2. Конструкция каркаса для катушек.

Катушки намотаны попарно на каркасах, склеенных из бумаги (рис. 14-2). Катушка L_1 содержит 500, L_3 — 270 и L_5 — 220 витков ПЭЛ 0,15. Катушки L_2, L_4 и L_6 наматывают проводом ПЭЛ 0,1 и содержат 80, 45 и 30 витков соответственно. Изменение индуктивности катушек производится сердечниками СЦР-7 (табл. 41-4).

Громкоговоритель 1ГД9, 1ГД18, 1ГД19, 1ГД28 или любого другого типа с номинальной мощностью не менее 0,5 *ва* (см. табл. 27-1 на стр. 329); выходной трансформатор к нему выбирается согласно § 10-1 (см. стр. 130).

Трансформатор питания Tp_2: сердечник Ш25×32 (размер 100×87,5××32 *мм*) или Ш24×30; обмотка *Iа* — 700 витков ПЭЛ 0,2; обмотка *Iб* — 520 витков ПЭЛ 0,18; обмотка *II* — 1 400 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *III* — 40 витков ПЭЛ 0,8. Сначала наматывают обмотку *I*, затем обмотку *III*, а сверху обмотку *II*. Диоды в выпрямителе типа Д7Ж или Д226Б.

14-2. ДВУХЛАМПОВЫЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПРИЕМНИК

Приемник содержит сеточный детектор с регулируемой положительной обратной связью на лампе 6Ж1П и усилитель НЧ на лампе 6П14П (рис. 14-3) и дает громкоговорящий прием радиостанций, работающих в СВ и ДВ диапазонах.

Контурные катушки намотаны на каркасах по рис. 41-9 проводом ПЭВ 0,1; на одном из них катушка L_1 — 20×6=120 витков и часть катушки L_3 — 20 витков, а на другом — катушка L_2 — 55×6= =330 витков и остальная часть катушки L_3 — 50 витков.

Громкоговоритель 1ГД9, 1ГД18, 1ГД19, 1ГД28 или любого другого типа с номинальной мощностью не менее 1 *ва*; выходной трансформатор к нему согласно § 10-1 (см. стр. 130).

Трансформатор питания Tp_2: сердечник Ш20×30; обмотка *Iа* — 1 250 витков; обмотка *Iб* — 950 витков ПЭЛ 0,14 и обмотка *II* — 2 800 витков ПЭЛ 0,15; обмотка накала *III* — 72 витка ПЭЛ 1,0.

Намотка аналогична намотке трансформатора питания в § 14-1.

14-3. ТРЕХЛАМПОВЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Приемник рассчитан на прием ДВ, СВ и КВ радиовещательных станций. Чувствительность его в диапазонах ДВ и СВ не хуже 300 *мкв* и в диапазоне КВ не хуже 500 *мкв*. Выходная мощность

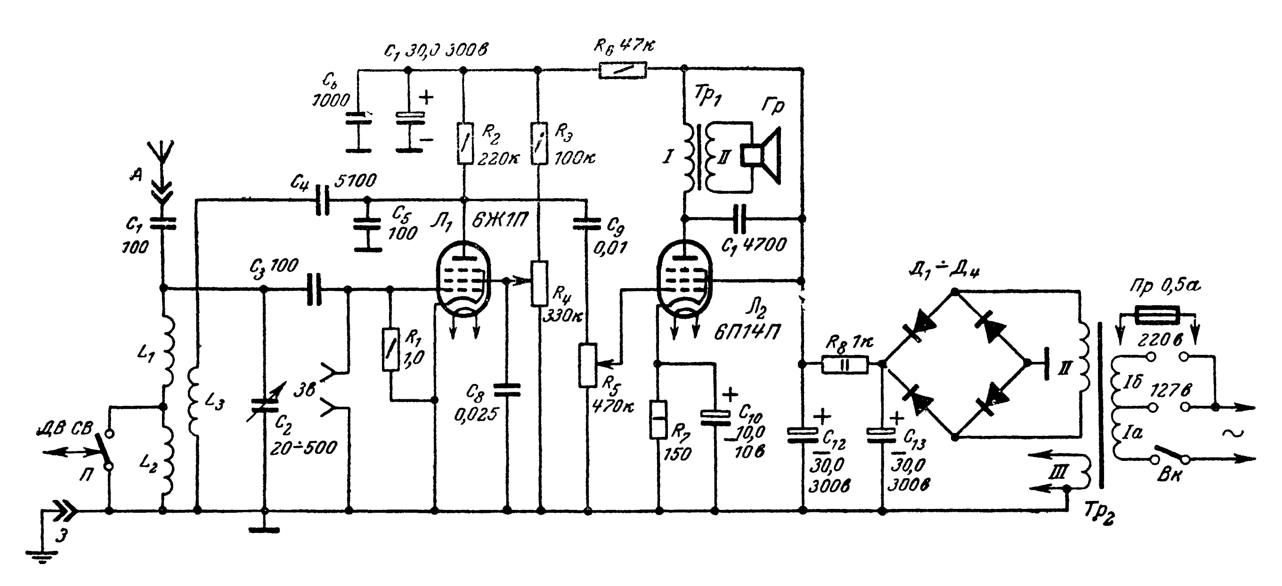


Рис 14 3. Схема двухлампового регенеративного приемника.

0,5 *вт*; чувствительность с гнезд звукоснимателя 0,12 *в*; промежуточная частота 465 *кгц*.

Приемник содержит преобразователь частоты с лампой 6И1П, усилитель ПЧ на гептодной части лампы 6И1П, диодный детектор на полупроводниковом диоде Д2Е, каскад предварительного усиления НЧ на триодной части лампы 6И1П и оконечный каскад с лампой 6П14П (рис. 14-4).

Магнитная антенна выполнена на стержне диаметром 7,8 и длиной 160 *мм* из феррита марки 600 НН. Катушки антенны намотаны виток к витку на каркасах из двух слоев тонкой бумаги,

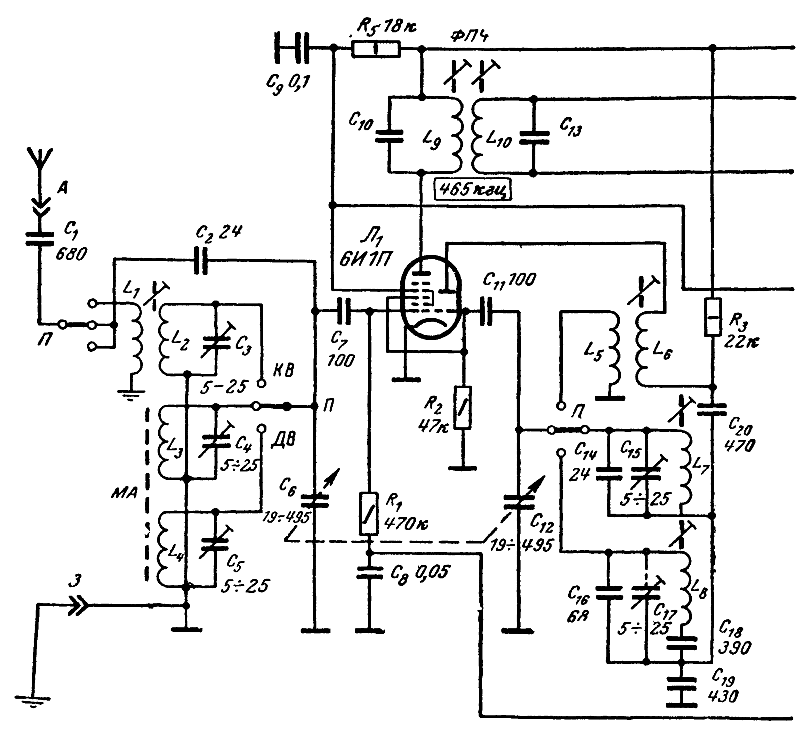


Рис. 14-4. Схема трехлампового

расположенных на разных концах стержня. Катушка L_3 намотана на каркасе длиной 30 *мм* и содержит 65 витков провода ПЭЛ 0,2, а катушка L_4 — на каркасе длиной 20 *мм* и содержит 205 витков провода ПЭЛ 0,12.

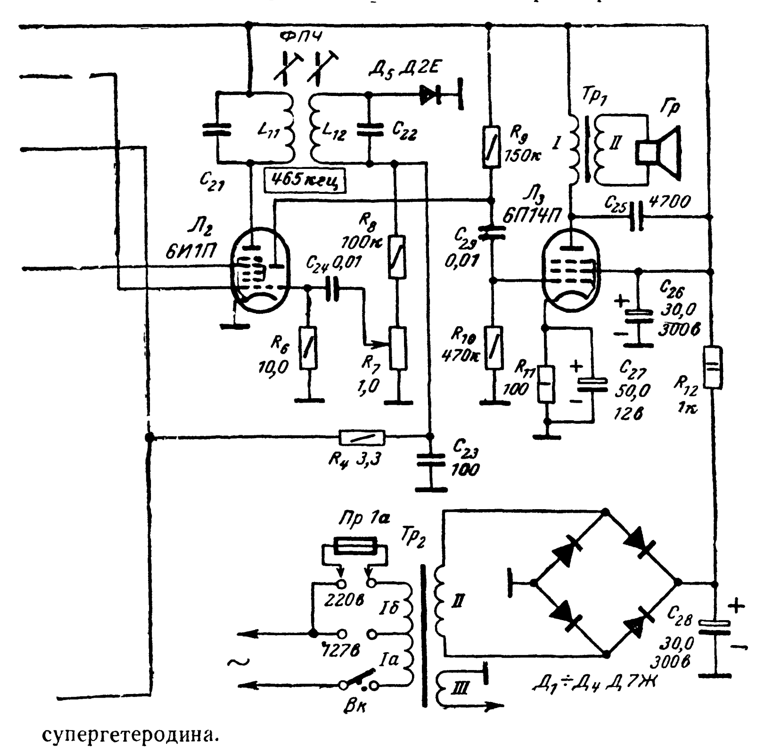
Контурные катушки и фильтры ПЧ с данными согласно табл. 41-8.

Громкоговоритель и выходной трансформатор аналогичны таковым приемника по § 14-2.

Трансформатор питания: сердечник Ш19×28; обмотка *Iа* — 920 витков ПЭЛ 0,25; обмотка *Iб* — 800 витков ПЭЛ 0,2; обмотка *II* — 900 витков ПЭЛ 0,16; обмотка *III* — 59 витков ПЭЛ 0,81.

14-4. ПРИСТАВКА С МАГНИТНОЙ АНТЕННОЙ К РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОМУ ПРИЕМНИКУ

Описанные выше самодельные приемники, а также большинство заводских приемников третьего класса и некоторые приемники вто-



супергетеродина.

рого класса не имеют магнитной антенны. Прием в городе на все эти приемники местных и мощных удаленных ДВ и СВ радиовещательных станций в условиях больших индустриальных помех можно значительно улучшить, изготовив к ним приставку с магнитной антенной и дополнительным каскадом УВЧ (рис. 14-5). Приставка подключается ко входу приемника. Магнитная антенна настраивается конденсатором переменной емкости. Благодаря дополнительному каскаду УВЧ чувствительность и избирательность приемника с при-

ставкой значительно улучшаются. Лампа УВЧ приставки питается от выпрямителя приемника, к которому подключена приставка, через панель лампы оконечного каскада УНЧ с помощью переходной колодки. Если в оконечном каскаде приемника работает лампа 6П6С или 6П3С, то переходная колодка изготавливается из 8-штырьково-

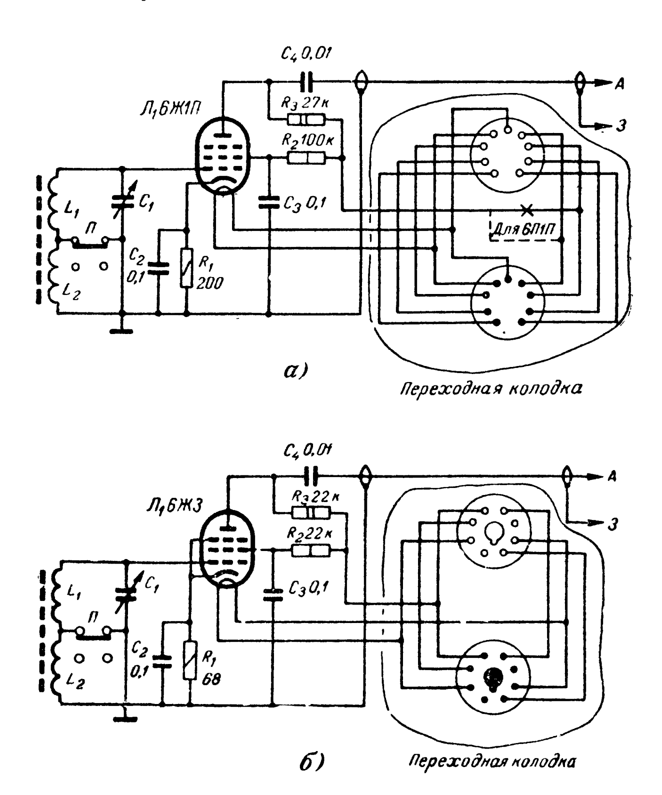


Рис. 14-5. Схемы приставок с магнитными антеннами.

а — к приемнику на пальчиковых лампах; *б* — к приемнику с лампой 6П6С или 6П3С в оконечном каскаде УНЧ.

го цоколя от старой радиолампы и 8-штырьковой ламповой панели. Штырьки этой панели короткими отрезками провода соединяются с одноименными штырьками цоколя. Цоколь вставляется в ламповую панель в приемнике на место лампы оконечного каскада УНЧ, а последняя вставляется в ламповую панель переходной колодки.

Если же в оконечном каскаде приемника работает лампа типа 6П14П, 6П15П или 6П18П, то переходная колодка изготавливается из двух 9-штырьковых панелей для пальчиковых ламп. Одна панель

разбирается и в каждое гнездо ее вставляется и припаивается отрезок медного луженого провода диаметром 0,8 и длиной 13 *мм*. Для того чтобы разобрать панель, нужно рассверлить заклепку в центре панели. После припайки к гнездам отрезков проволоки панель собирается и обе половины ее склепываются или скрепляются винтом. Если в оконечном каскаде усилителя низкой частоты работает лампа 6П1П, то участок, отмеченный крестиком (рис. 14-5, *а*), соединяют так, как показано пунктиром. Припаянные отрезки проволоки вставляются в ламповую панель лампы оконечного каскада УНЧ

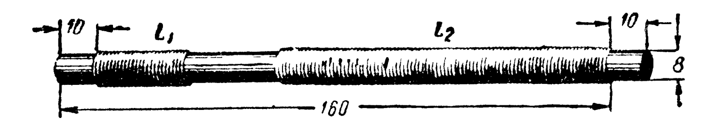


Рис. 14-6. Конструкция магнитной антенны для приставки.

приемника. Эта лампа вставляется в верхнюю ламповую панель переходной колодки, гнезда которой соединены с гнездами нижней панели.

Нагрузкой анодной цепи лампы является входной контур приемника, который через конденсатор C_4 подключается к резистору R_3. В качестве переключателя диапазонов используется тумблер типа ТВ2-1. Катушки магнитной антенны наматывают проводом ЛЭШД 7×0,07 или ПЭШО 0,15 на стержне из феррита марки 600 НН (рис. 14-6). Обмотки однослойные: L_1 — 50 витков; L_2 — 180 витков. Конденсатор переменной емкости C_1 может быть с твердым диэлектриком; максимальная емкость его 350—500 *пф*. Для удобства настройки ось его следует снабдить ручкой с указателем и шкалой.

Приставка монтируется на пластинке из органического стекла или винипласта, изогнутой в горячем виде в форме буквы П, либо из гетинакса и текстолита. Выход приставки соединяется с гнездами «Антенна» и «заземление приемника» экранированным проводом (его экранирующая оболочка соединяется с гнездом заземления).

Налаживание приставки сводится к проверке режима радиолампы и подбору витков катушек магнитной антенны. Подключив приставку к приемнику, нужно настроить его на какую-либо радиостанцию в начале СВ диапазона. После этого, вращая ротор конденсатора переменной емкости приставки, следует настроить контур с магнитной антенной также на частоту принимаемой станции. При точной настройке громкость приема достигает максимума. Заметив, на какой угол выведен ротор блока конденсаторов настройки приемника, сматывая или доматывая витки катушки L_1 приставки, следует добиться, чтобы настройка на принимаемую радиостанцию осуществлялась примерно при таком же угле поворота ротора конденсатора настройки приставки.

Далее проводится такая же настройка подбором витков катушки L_2 на ДВ диапазоне.

Пользование приставкой. Настраивая приемник на принимаемую станцию следует одновременно вращать ось конденсатора пере-

менной емкости приставки, добиваясь наибольшей громкости приема. Во время приема приставка, установленная на верхней крышке футляра приемника, поворачиванием ориентируется на минимум помех и максимум принимаемого сигнала.

РАЗДЕЛ 15

САМОДЕЛЬНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

15-1. ПРИЕМНИК НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ[1]

Приемник выполнен по схеме прямого усиления 1-V-2 на двух транзисторах с применением внутренней магнитной антенны и позволяет вести прием в диапазоне 600—1 500 *кгц* на электромагнитный телефон ТМ-1 от слухового аппарата или головные телефоны с сопротивлением обмотки не более 600 *ом*. Приемник имеет гнездо для

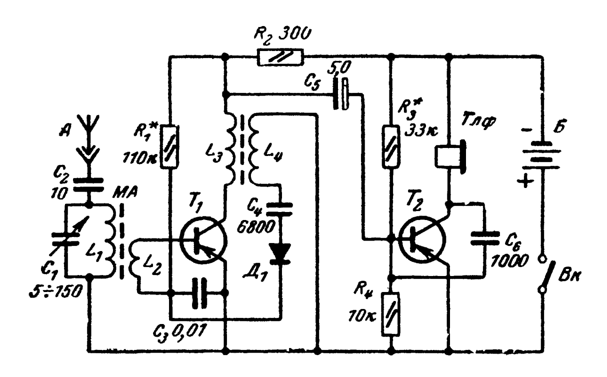


Рис. 15-1. Принципиальная схема приемника на двух транзисторах.

подключения наружной антенны. Питание приемника производится от двух аккумуляторов типа Д-0,06, одного заряда которых хватает на 15 *ч* непрерывной работы.

Схема. Входной контур образован катушкой магнитной антенны L_1 и конденсатором настройки C_1 (рис. 15-1). Снимаемый с катушки связи ВЧ сигнал усиливается транзистором T_1 типа П401, П402, П421 — П423 и детектируется диодным детектором $Д_1$ типа Д2Б, Д2В, Д2Г или Д9В. Полученный в результате детектирования НЧ сигнал усиливается тем же транзистором T_1 (рефлексная схема). Нагрузкой транзистора T_1 по НЧ служит резистор R_3, напряжение с которого подается на второй каскад усиления НЧ, выполненный на транзисторе T_2 типа П14, П15 или П40, П41.

[1] Приемник разработан В. Кокачевым («Радио», 1965, № 1, стр. 33—34).

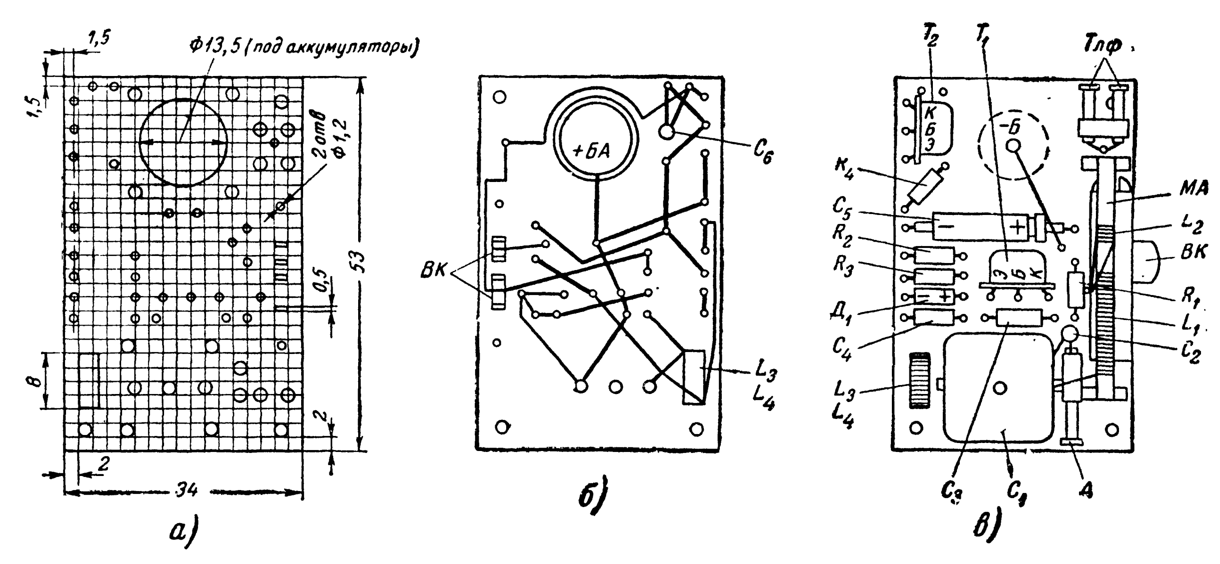


Рис. 15-2. Монтажная плата приемника на двух транзисторах.

а — разметка платы; *б* — вид сверху; *в* — вид снизу.

Детали. Катушки магнитной антенны L_1 и L_2 наматывают на плоский стержень из феррита 600 НН размером 3×6×38 *мм*. Катушка L_1 содержит 200 витков провода ПЭВ 0,12, катушка L_2 — 10 витков провода ПЭЛШО 0,2. Катушки L_3 и L_4 намотаны проводом ПЭЛ 0,1 на ферритовом кольце марки 600 НН с наружным диаметром 8 *мм* и имеют L_3 — 150 и L_4 — 300 витков. Конденсатор настройки самодельный. При использовании для настройки конденсатора КПК-2 следует увеличить размеры монтажной платы.

Конструкция. Все детали приемника, за исключением головного телефона, смонтированы на гетинаксовой плате толщиной 1 *мм* (рис. 15-2).

15-2. ПРИЕМНИК НА ЧЕТЫРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ[1]

Приемник выполнен по схеме прямого усиления 2-V-2 на четырех транзисторах и работает в диапазоне 800—1 700 *м*. Прием производится на внутреннюю магнитную антенну. Питание приемника

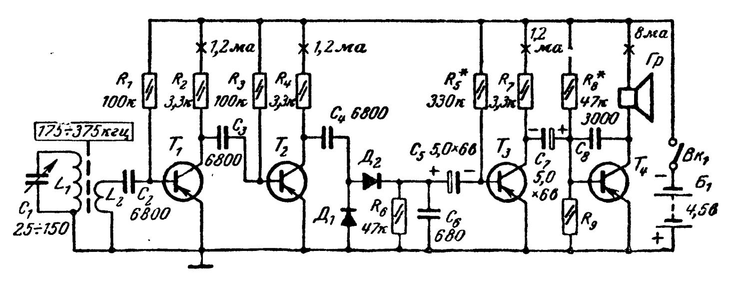


Рис. 15-3. Принципиальная схема приемника на четырех транзисторах. $R_9 = 10$ *ком*.

осуществляется от трех элементов ФМЦ-0,25; потребляемый ток не более 15 *ма*.

Схема (рис. 15-3). Приемник имеет два апериодических каскада усиления ВЧ на транзисторах T_1 и T_2; коллекторными нагрузками являются резисторы R_2 и R_4. Можно использовать транзисторы П401, П402, П403, П403А, П421 — П423 с коэффициентом $\beta \leqslant 35 \div 40$ либо П15 с $\beta = 50 \div 60$, уменьшив сопротивления резисторов R_2 и R_4 до 2,2 *ком* и увеличив сопротивления резисторов R_1 и R_3 до 200 *ком*. Детектирование осуществляется диодами $Д_1$ и $Д_2$ типа Д1В. На выход двухкаскадного усилителя НЧ включен громкоговоритель, в качестве которого используется микротелефонный капсюль типа ДЭМ-4М.

Катушки магнитной антенны L_1 и L_2 расположены на стержне диаметром 8,4 и длиной 100 *мм* из материала марки 600 НН. Катушка L_1 намотана на пяти секциях шириной 4 *мм* по 50 витков провода ПЭЛШО 0,15 в каждой секции, расстояние между секциями 4 *мм*. Катушка L_2 содержит 18 витков провода ПЭЛ 0,3. Конденсатор настройки типа КПК-2 или КПК-3.

[1] Приемник разработан В. Морозовым («Радио» 1960, № 5, стр. 48).

В усилителе НЧ можно применить транзисторы П13 или П14 с $\beta = 50 \div 70$.

Конструкция. Монтаж приемника можно произвести печатным способом, как описано в § 35-8, 36-5 и 36-6.

15-3. ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ «ВЕСНА»[1]

Приемник предназначен для приема радиостанций в диапазоне частот 175—900 *кгц* на внутреннюю магнитную антенну. Чувствительность приемника 10 *мв/м*, выходная мощность усилителя НЧ приемника 150 *мвт*. Питание приемника осуществляется от четырех последовательно соединенных аккумуляторов типа Д-0,2. Одного заряда аккумуляторов хватает на 12—15 *ч* непрерывной работы.

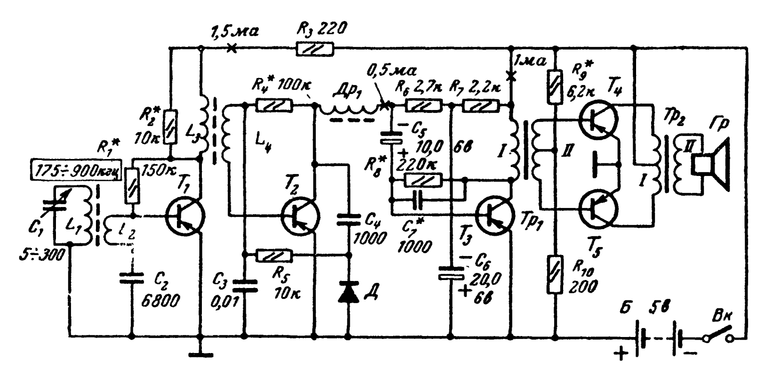


Рис. 15-4. Принципиальная схема приемника с двухтактным выходным каскадом.

Схема (рис. 15-4). Приемник выполнен на пяти транзисторах и одном полупроводниковом диоде. Высокочастотный сигнал усиливается двумя каскадами на транзисторах T_1 и T_2 типа П402, П422 или П423. Нагрузкой последнего для токов ВЧ является дроссель $Др_1$. Напряжение ВЧ с этого дросселя поступает на детектор, в котором работает диод *Д* типа Д2Б, Д2В или Д2Г. С детектора напряжение НЧ подается снова в цепь базы транзистора T_2 через фильтр R_5C_3 (рефлексная схема). С резистора R_6, который является нагрузкой для токов НЧ в цепи коллектора T_2, напряжение НЧ подается на базу транзистора T_3, нагрузкой которого является трансформатор $Тр_1$. Оконечный каскад работает в режиме АВ. В УПЧ можно использовать транзисторы П14, П15, П40 или П41.

Детали. Катушки L_1 и L_2 наматывают на стержне диаметром 8,4 и длиной 100 *мм* из феррита марки 600 НН. Катушка L_1 содержит 200 витков провода ПЭВ 0,12, а катушка L_2 — 3 витка провода ПЭВ 0,2. Трансформатор ВЧ из катушек индуктивности L_3 и L_4 выполнен на двух наложенных друг на друга кольцах с наружным

[1] Приемник разработан В. Кокачевым, экспонировался на XIX радиовыставке ДОСААФ («Радио», 1964, № 5, стр. 41).

диаметром 7—10 *мм* из феррита марки 600 НН. Обмотка L_3 содержит 100, а L_4 — 15 витков провода ПЭВ 0,1—0,12.

Дроссель $Др_1$ намотан на кольце с наружным диаметром 7—10 *мм* из феррита марки 600 НН и содержит 240 витков провода ПЭВ 0,12.

Трансформатор $Тр_1$: сердечник из пермаллоевых пластин Н-50 Ш4×8; обмотка *I* — 1 500 и обмотка *II* — 2×500 витков провода ПЭВ 0,08.

Трансформатор $Тр_2$: сердечник из пермаллоевых пластин Н-50 Ш4×10; обмотка *I* — 2×250 витков провода ПЭВ 0,15, обмотка *II* — 100 витков провода ПЭВ 0,27 (для громкоговорителя 0,1ГД-3 или 0,15ГД-1 с сопротивлением звуковой катушки 6,5 *ом*).

Конструкция. Все детали приемника (кроме громкоговорителя) крепятся к монтажной плате размером 2×72×115 *мм*. В качестве опорных точек для монтажа используются расклепанные в печатной плате пустотелые заклепки диаметром 1—1,2 *мм*. Громкоговоритель крепится к лицевой панели корпуса радиоприемника. Наружные габариты радиоприемника 34×76×120 *мм*.

15-4. ПРОСТОЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН[1]

Приемник позволяет вести прием радиостанций в диапазоне СВ (550—1 600 *кгц*) на внутреннюю магнитную антенну. Чувствительность приемника 3,5 *мв/м*. Питание его производится от пяти соединенных последовательно аккумуляторов типа Д-0,06, потребляемый ток 12 *ма*.

Схема (рис. 15-5). Супергетеродин имеет преобразователь частоты на транзисторе T_1, усилитель ПЧ на транзисторах T_2 и T_3, детектор на диоде *Д* и двухкаскадный усилитель НЧ на транзисторах T_4 и T_5. Входной контур приемника настраивается конденсатором C_1, а гетеродинный — конденсатором C_8. С цепью коллектора транзистора T_1 связан контур ПЧ, настроенный на частоту 110 *кгц*. При такой частоте обеспечиваются высокое усиление и малая склонность приемника к самовозбуждению. Нагрузкой первого каскада усилителя ПЧ является резистор R_7, а второго — контур L_7C_{13}.

Детектирование напряжения сигналов ПЧ и АРУ осуществляется диодом $Д_1$. Напряжение АРУ через фильтр $C_{14}R_{11}C_{11}$ подается в цепи баз транзисторов T_2 и T_3. Каскады усиления НЧ выполнены по схеме с общим эмиттером, нагрузкой оконечного каскада является микротелефонный капсюль типа ДЭМ-4М.

Детали. Катушки L_1 и L_2 намотаны на стержне диаметром 8,4 и длиной 75 *мм* из феррита марки 600 НН. Катушка L_1 содержит 85 витков провода ЛЭШО 7×0,07, катушка L_2 — 3 витка провода ПЭЛШО-0,31. Катушки L_3 и L_4 намотаны на каркасе от катушек СВ или ДВ диапазона унифицированных приемников (см. стр. 637). В трех секциях каркаса намотана катушка L_3, содержащая 140 витков провода ПЭЛШО 0,15 с отводом от 3-го витка снизу (по принципиальной схеме). Четвертую секцию занимает катушка L_4, содержащая 20 витков провода ПЭЛШО 0,15. При использовании конденсаторов C_1 и C_8 емкостью 8—240 *пф* число витков катушки L_1 следует увеличить до 100, а катушки L_3 до 180.

---

[1] Приемник разработан В. Морозовым.

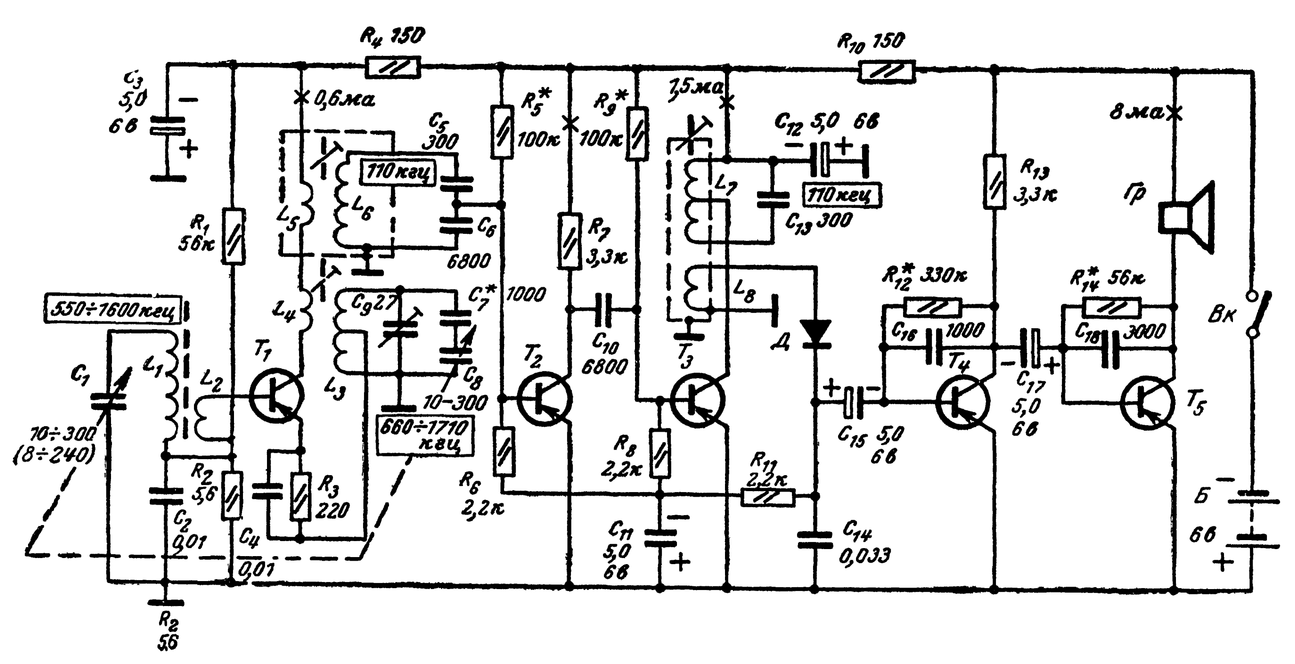
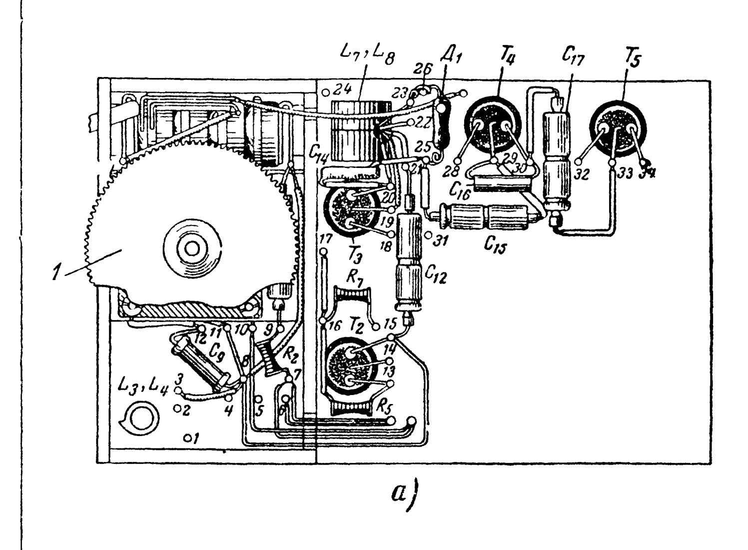


Рис. 15-5. Принципиальная схема простого супергетеродина.



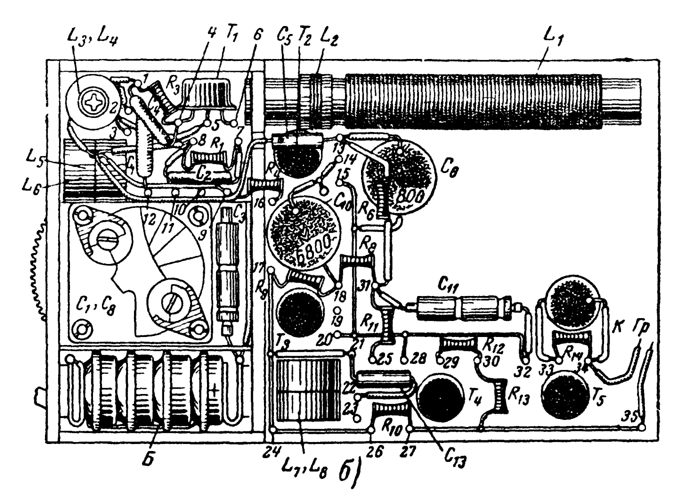


Рис 15 6 Монтажная плата простого супергетеродина

а — вид сверху *б* — вид снизу Цифрой *1* на рисунке обозначен диск для вращения оси блока конденсаторов настройки

Катушки фильтров ПЧ наматываются на сердечниках типа ОБ-12 из феррита марки 600 НН проводом ПЭВ 0,13 и содержат: L_5 — 50 витков, L_6 — 210 витков, L_7 — 210 витков с отводом от 85-го витка (считая от верхнего по схеме вывода), L_8 — 40 витков. Вместо ферритовых можно применить карбонильные сердечники типа СБ-12А (при этом чувствительность приемника ухудшится до 4,5—5 *мв/м*); катушки в этом случае наматываются проводом ПЭВ 0,09 и содержат: L_5 — 105 витков, L_6 — 420 витков, L_7 — 420 витков с отводом от 180-го витка, L_8 — 120 витков.

Блок конденсаторов настройки C_1 — C_8 можно применить от промышленных транзисторных приемников.

Приемник смонтирован на гетинаксовой плате размером 2×70×110 *мм* (рис. 15-6).

РАЗДЕЛ 16

САМОДЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕВИЗОР

16-1. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ

Постройка телевизора, даже самого простого, посильна только для радиолюбителя, который сконструировал, смонтировал и наладил несколько более простых радиоприемников.

Имея то же назначение и обладая примерно такими же параметрами как и заводской, телевизор радиолюбителя должен еще быть своеобразной опытной установкой, позволяющей изучать работу отдельных узлов и испытывать новые схемы. Он должен быть объектом непрерывного совершенствования, осуществляемого радиолюбителем по мере накопления им знаний и опыта.

С учетом этих соображений начинающему радиолюбителю можно рекомендовать постройку описываемого ниже телевизора, который был сконструирован П. В. Коробейниковым (подробное описание этого телевизора дано в его брошюре — вып. № 473 Массовой радиобиблиотеки, она вышла в свет в 1963 г. и в настоящее время полностью распродана).

Размер изображения на экране этого телевизора 210×280 *мм*, четкость в центре экрана не менее 470 по горизонтали и не менее 500—550 по вертикали.

Полоса воспроизводимых звуковых частот 65—8 000 *гц* при неравномерности (по кривой верности) не более 18 *дб*. Выходная мощность канала звукового сопровождения около 0,5 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений 7%.

Мощность, потребляемая телевизором от электросети, не более 160 *вт*.

Блок-схема. Принятые антенной сигналы изображения и звукового сопровождения поступают по фидерной линии на вход блока ПТК непосредственно (в гнездо A_2) либо через делитель из резисторов R_1 и R_2, предназначенный для ослабления ВЧ сигнала во время приема на небольшом расстоянии от телецентра (рис. 16-1 и 16-2). В последнем случае фидер антенны включают в гнездо A_1, а в гнездо A_2 вставляют штепсель *Ш* с подключенным к нему рези-

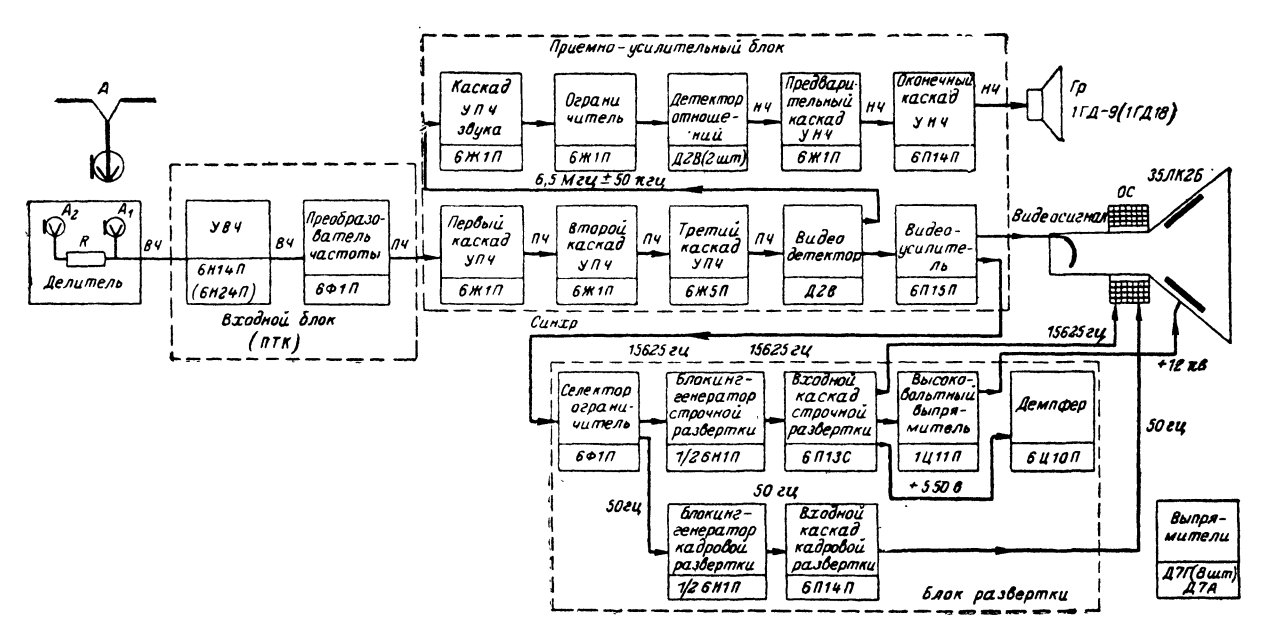


Рис. 16-1. Блок-схема самодельного телевизора.

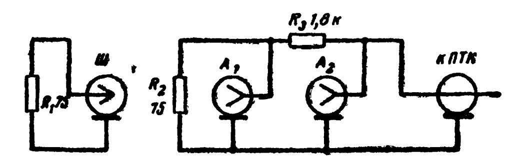


Рис. 16-2. Делитель входного напряжения к блоку ПТК.

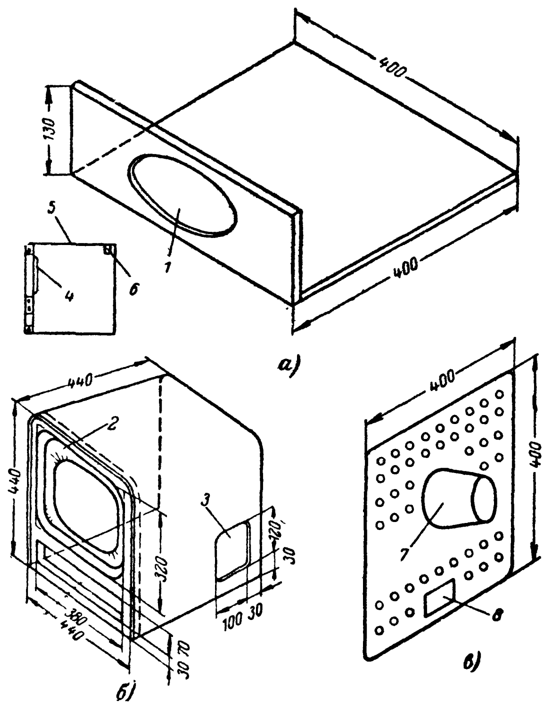


Рис. 16-3. Деревянные части конструкции телевизора.

а — Г-образная (угловая) панель; *б* — футляр телевизора в изометрии; *в* — съемная задняя стенка футляра. *1* — вырез для громкоговорителя (по размеру его диффузора); *2* — окно экрана кинескопа; *3* — вырез для ручек управления приемно-усилительного блока; *4* — защитное стекло экрана кинескопа (органическое стекло); *5* — футляр в разрезе; *6* — бобышки для крепления задней стенки ящика; *7* — пластмассовый защитный конус для горловины кинескопа (покупной); *8* — место для контактов в цепи питания (блокировки безопасности).

стором с сопротивлением 75 *ом* (соответствует волновому сопротивлению фидерной линии).

С преобразователя частоты входного блока сигнал ПЧ поступает на приемно-усилительный блок. Получаемый от него в результате преобразования и усиления видеосигнал подается по цепи

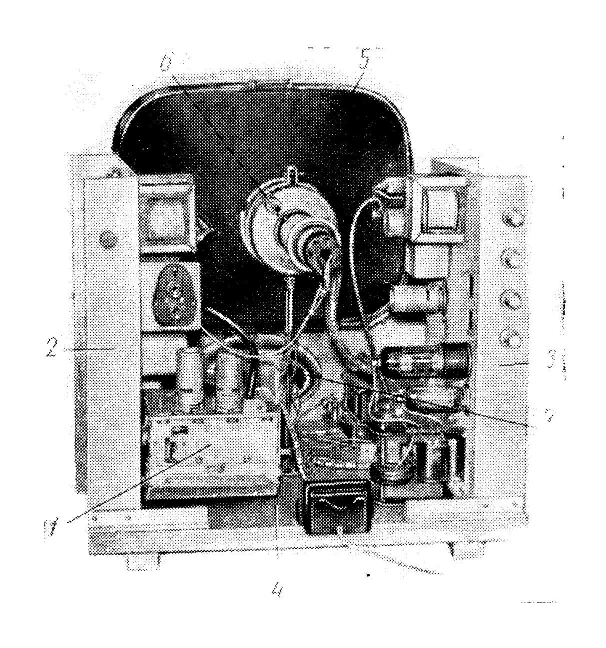


Рис. 16-4. Вид сзади на телевизор, не вставленный в футляр.

1 — входной блок ПТК; *2* — приемно-усилительный блок; *3* — блок разверток; *4* — горизонтальная деревянная панель монтажная; *5* — кинескоп 35ЛК2Б; *6* — отклоняющая система луча кинескопа; *7* — громкоговоритель 1ГД9 или 1ГД18.

Видеосигнал на кинескоп и по цепи *Синхр.* на блок разверток для синхронизации частоты его блокинг-генераторов. Сигналы звукового сопровождения поступают на громкоговоритель.

Пилообразные токи частоты строк и полукадров с блока разверток проходят по катушкам отклоняющей системы луча кинескопа, управляя его движением.

В телевизоре использован входной блок ПТК заводского изготовления и самодельные приемно-усилительный блок и блок разверток по схемам, описанным в разд. 13 Справочника.

Конструкция телевизора. Конструктивной основой телевизора является деревянная угловая (Г-образная) панель, вертикальная и

горизонтальная части которой скреплены шурупами (рис. 16-3, *а*). Панель вставляется в деревянный же ящик (рис. 16-3, *б*). На ней укреплены шурупами или винтами входной блок ПТК (см. § 13-1), металлическое шасси приемно-усилительного блока по схеме на рис. 13-6, такое же шасси блока разверток по схеме на рис. 13-11, кинескоп 35ЛК2Б с надетой на его горловину отклоняющей унифи-

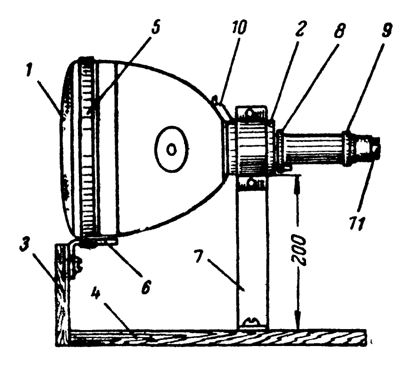


Рис. 16-5. Установка кинескопа на деревянной панели.

1—кинескоп; *2* — отклоняющая система луча кинескопа унифицированная; *3* — вертикальная часть панели; *4*—горизонтальная часть панели; *5* — пояс крепления кинескопа из хлорвиниловой ленты или ремня шириной 35 *мм*; *6* — кронштейн из угловой стали 50×50 *мм* для крепления кинескопа; *7* — опорная стойка отклоняющей системы из полосовой стали; *8* — магнит центровки кадра на экране; *9* — магнит ионной ловушки кинескопа; *10* — контактная пружинящая пластинка из фосфористой бронзы или гартованной латуни; *11* — ламповая панель.

цированной системой, магнитом ионной ловушки и магнитом центровки кадра на экране, а также громкоговоритель (рис. 16-4 и 16-5). Непосредственно на горизонтальной части той же деревянной панели смонтированы трансформатор питания и детали выпрямителей, дающих напряжения на радиолампы всех блоков. Графитовое покрытие колбы кинескопа через пружинящую металлическую пластинку *10* и стойку *7* (рис. 16-5) соединяется с общим минусом схемы питания телевизора.

16-2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И МОНТАЖ ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОГО БЛОКА И БЛОКА РАЗВЕРТОК

Шасси блоков изготавливают из листовой стали или дюралюминия толщиной 1,5 *мм* (рис. 16-6 и 16-7). Края отгибают по пунктирным линиям. К нижней кромке отогнутого края шасси приклепывают металлические уголки, которыми они будут крепиться к деревянной панели. После того как в шасси сделаны все отверстия (отверстия малых диаметров для крепления деталей на чертежах не показаны), шасси зачищают наждачной бумагой и обезжиривают бензином Б70 или растворителем РДВ. Шасси из стали окрашивают алюминиевой краской, а шасси из дюралюминия протравливают 10—20-процентным раствором едкого натра или едкого кали, тщательно промывают в проточной воде и просушивают.

Монтаж блоков осуществляют, руководствуясь разд. 36 Справочника. В правом нижнем углу шасси приемно-усилительного блока (если смотреть на него со стороны монтажа, когда угольники находятся внизу) на четырех стойках устанавливают панель с регу-

ляторами контрастности, яркости и громкости (рис. 16-8). Блок ПТК прикрепляют к наружной стороне приемно-усилительного блока (там же, где расположены радиолампы) при помощи трех кронштейнов-угольников и винтов. Оси переключателя каналов и конденсатора настройки гетеродина проходят через отверстия в панели регуляторов

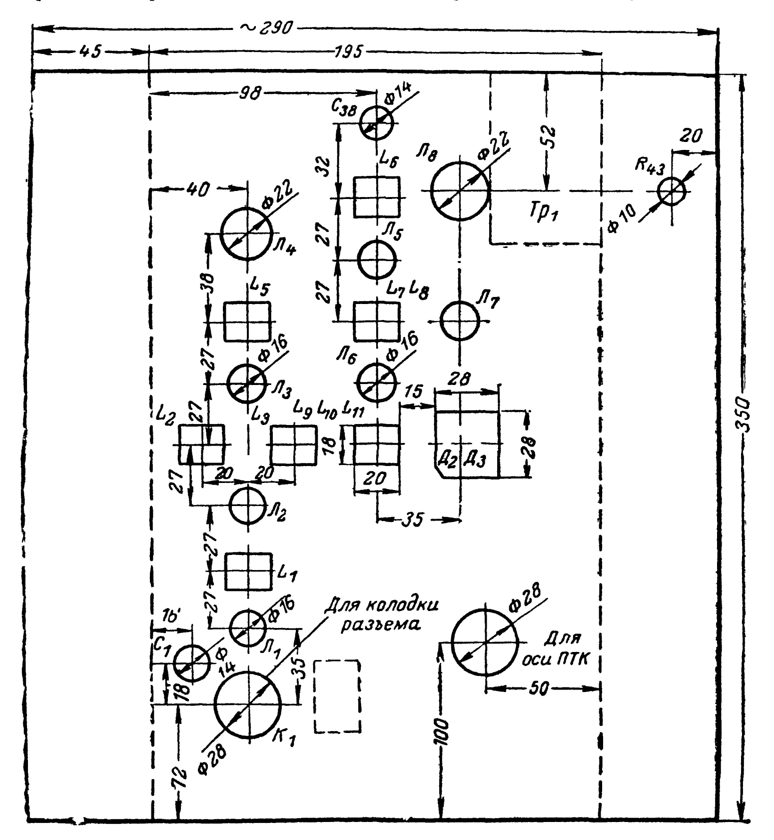


Рис. 16-6. Размеры металлического шасси блока.

Нумерация деталей соответствует принятой в схеме на рис. 13-6.

и шасси. Ручки управления переключателем, конденсатором и регуляторами располагаются в прорези правой стенки футляра телевизора. Ручка регулятора тембра располагается в отверстии на задней картонной стенке.

Большинство соединений в приемно-усилительном блоке производится концами выводных проводников постоянных конденса-

торов и резисторов без применения монтажных планок. В местах соединения выводов нескольких деталей и для прокладки провода анодного питания +130 *в* устанавливаются опорные стойки.

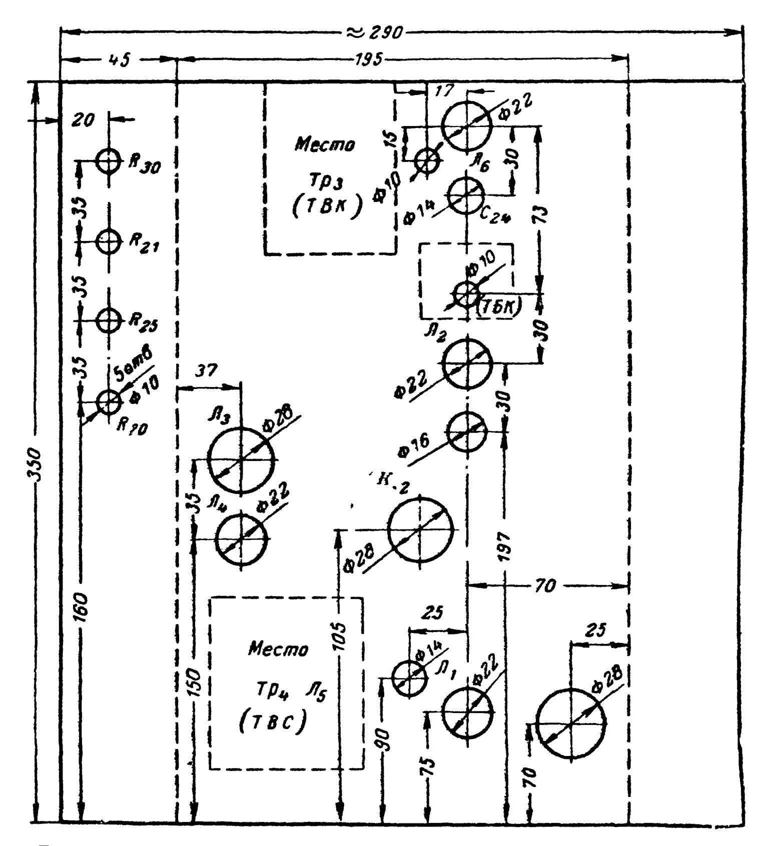


Рис. 16-7. Размеры шасси блока разверток и разметка на нем основных отверстий для деталей схемы.

Нумерация деталей соответствует принятой в схеме на рис. 13-11.

Детали схемы детектора отношений монтируются на гетинаксовой пластине, установленной в экране на шасси. Можно использовать каркас катушки и прямоугольный экран контура промежуточной частоты от телевизора КВН. Каркас укорачивается, и в проделанный в нем паз вклеивается пластина с монтажом, выводы которого подпаиваются к лепесткам на основании каркаса.

Экраны контуров, выходной трансформатор УНЧ, трансформаторы блокинг-генераторов и выходной трансформатор кадровой развертки в заводских телевизорах укрепляют отгибкой или разворотом лапок этих деталей после вставления их в узкие щелевидные от-

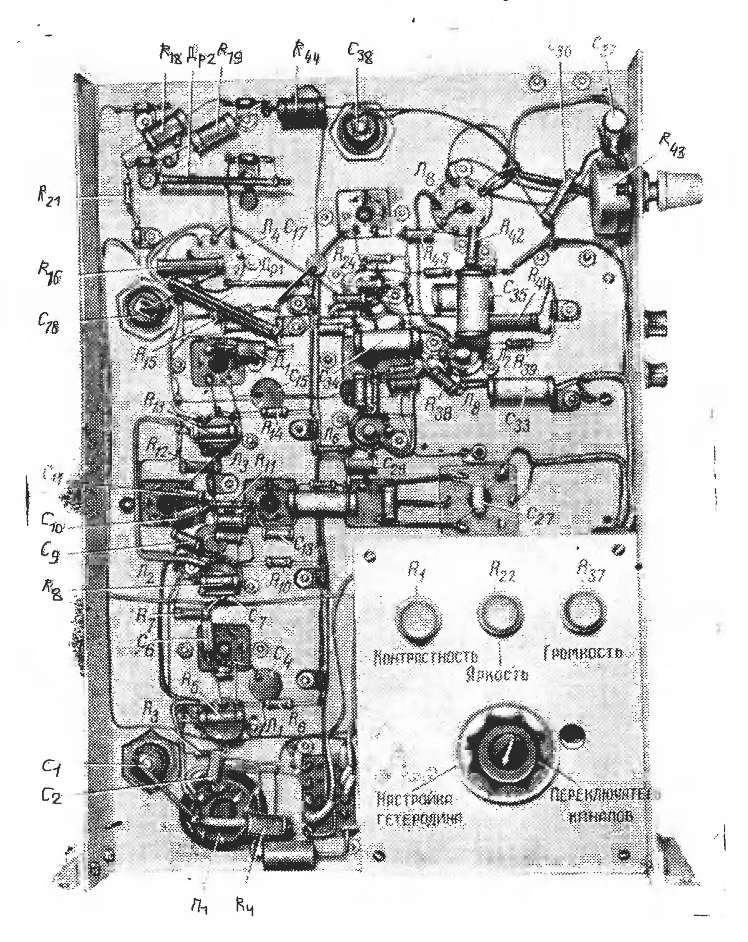


Рис. 16-8. Расположение деталей внутри приемно-усилительного блока.

верстия шасси. Радиолюбителю сделать такие отверстия трудно. Поэтому крепить такие детали нужно при помощи винтов и гаек М3, просверлив в лапках отверстия. Выходной трансформатор строчной развертки закрепляют на шасси в левом нижнем углу (если смотреть со стороны монтажа, когда угольники шасси внизу) так, что-

бы высоковольтный кенотрон 1Ц11П был в вертикальном положении (панель для этого кенотрона находится на выходном трансформаторе ТВС).

Прежде чем закреплять контуры на шасси, надо заметить, на какие лепестки каркаса выведены концы обмоток катушек. Контуры следует размещать на шасси так, чтобы длина соединительных проводов была минимальной. Концы катушек, располагающиеся ближе ко дну экранов, следует подключать к заземляемым или блокируемым по высокой частоте конденсаторами точкам схемы.

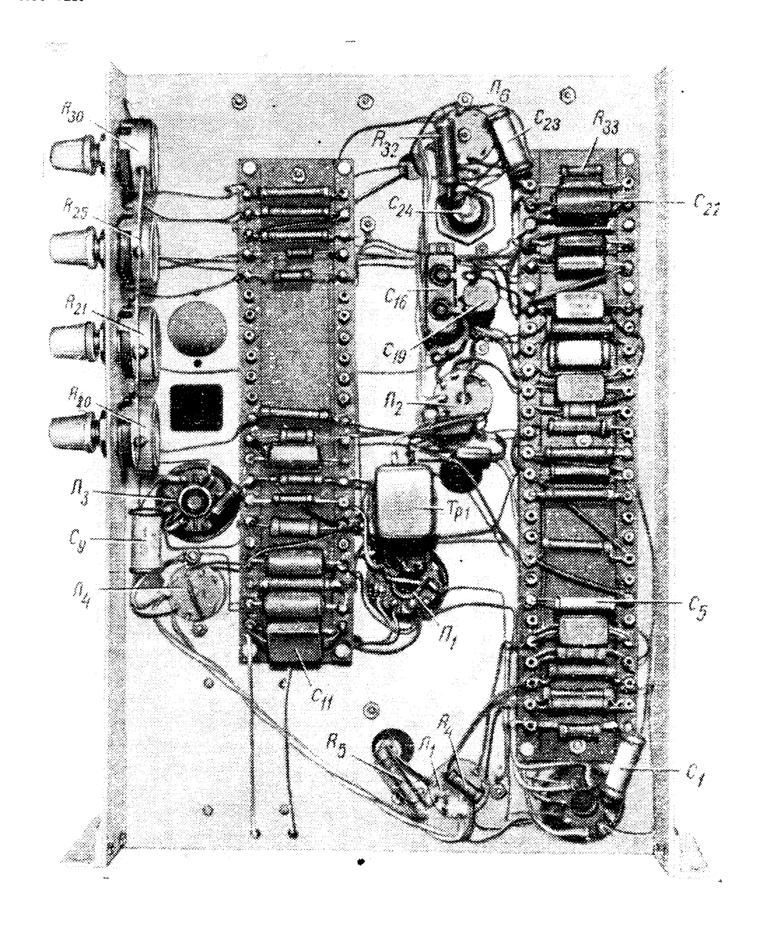


Рис. 16-9. Расположение деталей внутри блока разверток.

16-3. СХЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

Выпрямитель переменного тока, питающий цепи анодов и экранирующих сеток ламп входного блока ПТК, приемно-усилительного блока усилителей и блока разверток, дает два напряжения. Он выполнен по мостовой схеме с отводом от средней точки повышающей обмотки трансформатора питания (см. § 32-2, рис. 32-3,*б*). В каждом плече выпрямителя можно применить по два соединенных последовательно германиевых диода Д7Д, шунтируя каждый из них резистором ВС-0,25, с сопротивлением 56 *ком* ($R_ш$ в схеме по рис. 38-3, *б*), либо по одному диоду Д226Б или Д226.

Напряжение 275 *в* используется для питания обеих ламп входного блока ПТК, всех ламп блока разверток, а также ламп видеоусилителя и оконечного каскада УНЧ приемно-усилительного блока; ток, идущий на перечисленные каскады, сглаживается фильтром, состоящим из дросселя $Др_1$ и конденсаторов $C_1 - C_4$ (рис. 16-10). Более низкое напряжение 130 *в* используется для питания остальных каскадов приемно-усилительного блока; ток, идущий на эти каскады, сглаживается фильтром из дросселя $Др_2$ и конденсаторов $C_5 - C_8$.

Выпрямитель смещения на управляющие сетки триода входного блока и лампы оконечных (выходных) каскадов блока разверток выполнен по однополупериодной схеме. Он имеет сглаживающий фильтр из конденсаторов C_9, C_{10} и резистора R_2. Переменное напряжение на диод этого выпрямителя подается с последовательно соединенных обмотки накала ламп *III* и обмотки *IV* трансформатора питания *Тр*.

Трансформатор питания можно применить от телевизора «Енисей-3» или изготовить по следующим данным: сердечник УШ30×63 *мм*; секции сетевой обмотки *Iа* и *Iв* по 220 витков, *Iб* и *Iг* по 32 витка провода ПЭЛ или ПЭВ 0,59; повышающая обмотка *II* — 220+220 витков ПЭЛ или ПЭВ 0,38 *мм* обмотка накала ламп *III* — 14 витков ПЭЛ, намотанных в два параллельных провода диаметром 1,5—1,6 *мм* каждый; обмотка выпрямителя смещения *IV* — 7 витков ПЭЛ 0,15—0,31; обмотка накала кинескопа *V* — 14 витков ПЭЛ 0,64.

Переключение секций первичной обмотки на различные напряжения можно осуществить, как показано на схеме по рис. 32-14.

Выключатель питания телевизора *Вк* может быть объединен с регулятором громкости или яркости; в этом случае в качестве регулятора надо применить переменный резистор с выключателем. Если телевизор будет питаться от электросети через стабилизатор напряжения, выключателя в телевизоре можно не применять, так как в данном случае выключение телевизора производят выключением стабилизатора.

Блокировка безопасности. В цепи первичной обмотки трансформатора обязательно должны быть механически связанные с задней стенкой футляра телевизора блокировочные контакты *Бл* (рис. 16-10), выключающие напряжение с трансформатора при снятии этой стенки. Это делается потому, что на второй анод кинескопа подается опасное для жизни человека напряжение 12 *кв* и необходимо исключить всякую возможность прикосновения к частям телевизора, находящимся под этим напряжением.

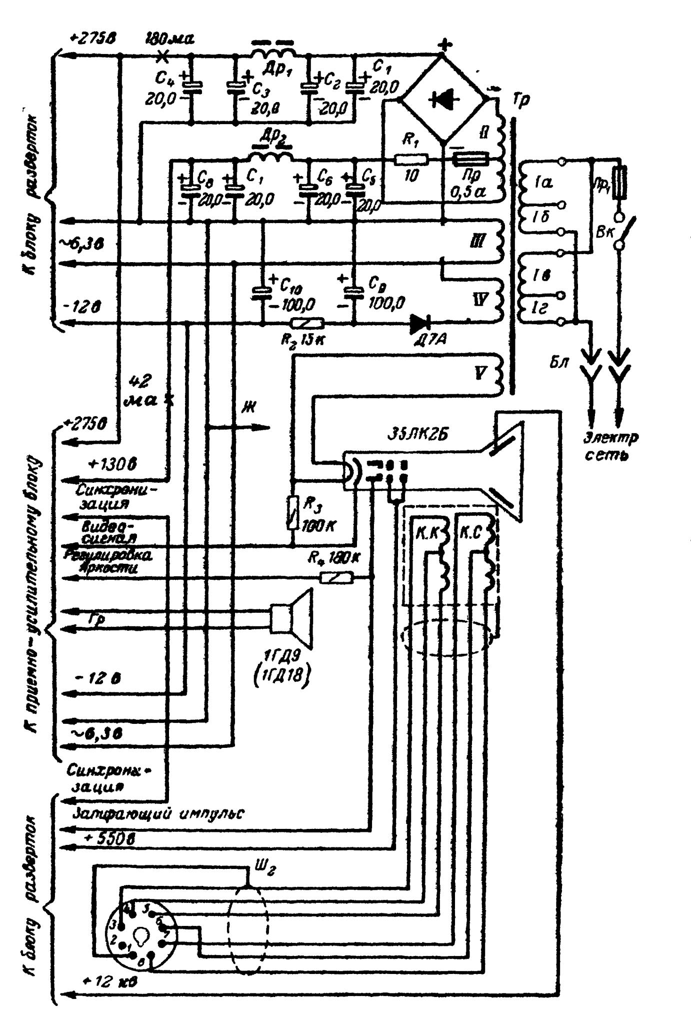


Рис. 16-10. Принципиальная схема выпрямителей, питающих телевизор, и соединения с ним приемно-усилительного блока, блока разверток и других деталей, смонтированных непосредственно на деревянной панели. Восьмиштырьковый штепсель $Ш_2$ вставляют в колодку $К_2$ разъема блока разверток. Провод *Ж* соединяют с графитовым покрытием колбы кинескопа.

Блокировочные контакты представляют собой двухполюсную штепсельную вилку, укрепленную на вертикальной гетинаксовой пластине. Последняя прикреплена к нижней панели основания, на которую надеваются гнезда розетки с сетевым шнуром, установленной на задней картонной стенке.

При налаживании телевизора, когда он находится вне футляра, нельзя прикасаться к выводу анода кинескопа, лампам и деталям узла строчной развертки, к деталям выпрямителя, а также ко всем цепям схемы телевизора, несущим напряжение питания анодов ламп.

Монтаж трансформатора питания и выпрямителей производится на горизонтальной части деревянной панели. Корпуса конденсаторов C_9 и C_{10} изолируют лакотканью или кабельной бумагой. Резистор R_1 типа ПЭВ-10 укрепляют на панели с помощью длинной шпильки с гайками и шайбами. Диоды выпрямителя по мостовой схеме и шунтирующие их резисторы располагают на монтажной планке.

Провода связывают в жгуты. Для цепей накала используется провод сечением не менее 2 *мм*^{2}.

Дроссель $Др_1$ от телевизора «Луч» или «Север»; его данные: сердечник Ш 26×30, зазор 0,2 *мм*, обмотка — 2 200 витков провода ПЭЛ 0,31 (сопротивление обмотки — около 70 *ом*). Можно также применить дроссель фильтра от телевизоров «Знамя», «Авангард», «Старт» и «Темп-3». Дроссель $Др_2$ от радиоприемника «Урал-57», «Октава» или телевизора «Рекорд». Сердечник УШ 16×24, зазор 0,1 *мм*, обмотка 2 300 витков провода ПЭЛ 0,23 (сопротивление обмотки — около 120 *ом*).

Выходной трансформатор можно использовать от любого телевизора или радиовещательного приемника с однотактным оконечным каскадом на лампе 6П14П или изготовить, как указано в § 10-1.

16-4. ФУТЛЯР ТЕЛЕВИЗОРА

Футляр телевизора (см. рис. 16-3) изготовляют из фанеры, как описано в § 35-9. В четырех углах верхнего окна на столярном или казеиновом клее закрепляют бобышки. Бруски и бобышки, образующие его, после высыхания клея скругляют при помощи ножа, драчового напильника и шкурки. К нижней кромке футляра приклепывают угольники для соединения его с нижней панелью, а к верхней и боковым кромкам — несколько бобышек для крепления шурупами задней стенки. К верхнему окну изнутри футляра прикрепляют шурупами защитное стекло и маску кинескопа (например, от телевизора «Рекорд»).

В задней картонной стенке надо проделать отверстия для хвостовой части кинескопа и ручек, расположенных на боковых стенках шасси блоков, и ряды отверстий диаметром 10—12 *мм* с шагом 25—30 *мм* для вентиляции. Горловина кинескопа защищается колпаком, таким же, как и на задних стенках заводских телевизоров.

РАЗДЕЛ 17

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ И ТЕЛЕВИЗОРОВ

17-1. ПОДГОТОВКА К НАЛАЖИВАНИЮ И ИЗМЕРЕНИЕ РЕЖИМОВ

Необходимо придерживаться следующей последовательности налаживания частей приемника: 1) выпрямитель или иной источник питания; 2) усилитель НЧ; 3) детектор; 4) усилитель ПЧ супергетеродина; 5) преобразователь частоты; 6) усилитель ВЧ. В приемнике прямого усиления после детектора налаживают усилитель ВЧ.

При указанной последовательности имеется возможность использовать уже налаженные каскады (блоки, узлы) для проверки последующих каскадов. Это позволяет обойтись при налаживании меньшим числом приборов или вообще без них.

Перед налаживанием батарейного приемника необходимо измерить напряжения батарей при подключенном к ним приемнике.

Прежде чем приступить к налаживанию лампового приемника, следует убедиться в исправности ламп, измерить напряжения питания, постоянные напряжения на электродах радиоламп и в некоторых других цепях схемы (рис. 17-1). Проверка режимов позволяет определить неисправные детали и лампы.

Напряжения на электродах ламп исправного приемника указывают на его принципиальной схеме или в описании. При отсутствии таких сведений следует руководствоваться данными, приведенными для различных каскадов радиоприемников в соответствующих разделах настоящего Справочника. Напряжения следует измерять с помощью вольтметра (или ампервольтметра) с входным сопротивлением не менее 5 *ком/в* (при измерении постоянных напряжений). При использовании вольтметра с меньшим входным сопротивлением измеренные величины могут значительно отличаться от указанных на схеме или в описании.

Если питающие напряжения соответствуют нормам, приступают к покаскадной проверке режимов ламп.

Проверку и подгонку режимов ведут, начиная с напряжения смещения на управляющей сетке лампы, так как оно определяет режимы всех цепей данного каскада (исключая, конечно, напряжение накала). Напряжение смещения не должно отличаться более чем на $\pm(5\div 10)\%$ от указанного на схеме или в описании. В случае значительных отклонений напряжения автоматического смещения величину его устанавливают изменением сопротивлений резисторов, с которых оно снимается.

После установки правильного смещения управляющей сетки измеряют напряжение на экранирующей сетке (для многосеточной лампы); допустимо, если оно отличается до $\pm 20\%$ от указанного в схеме или описании.

Требуемое напряжение на экранирующей сетке устанавливают подбором сопротивления резистора в ее цепи.

Если через резистор питаются экранирующие сетки двух ламп, величина напряжения подбирается только после регулировки напряжения смещения на управляющих сетках ламп обоих каскадов.

После того как установлено требуемое напряжение на экранирующей сетке, измеряют напряжение на аноде лампы.

Режимы преобразователей частоты указывают при работающем гетеродине; при отсутствии генерации в гетеродине режимы этих каскадов могут значительно отличаться от указанных в описании или на схеме. При измерениях режимов ламп могут встретиться случаи

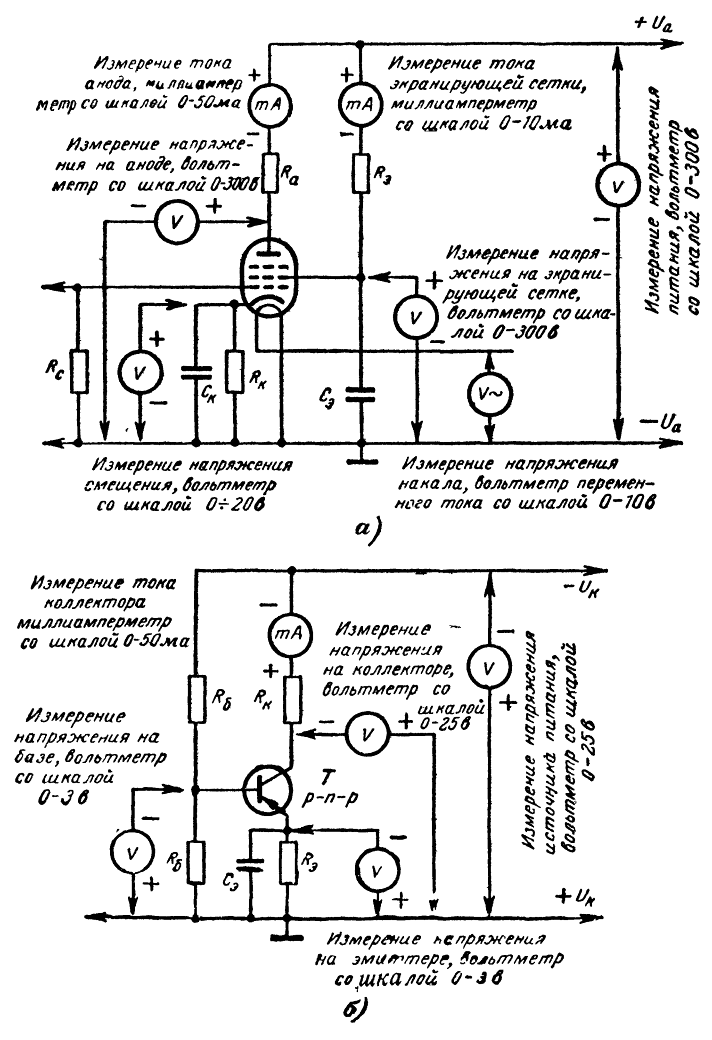


Рис. 17-1. Схемы измерения режимов.

а — лампы; *б* — транзистора.

резкого отклонения напряжения на каком-либо электроде лампы по сравнению с указанными в описании или на схеме. Наиболее часто встречающиеся случаи приведены в следующем разделе.

Проверка режимов транзисторов. Перед установкой транзисторов следует убедиться в их исправности. Параметрами транзистора, которые достаточно хорошо позволяют судить о возможности использования его в схеме, являются обратный или сквозной ток коллектора и коэффициент передачи тока базы β (см. § 38-9, 38-10, 38-13 и 38-14). Описание прибора для определения этих параметров дано в § 30-10.

Режимы транзисторов определяются токами базы и коллектора; при этом от тока базы зависит ток коллектора. В описаниях транзисторных приемников вместо напряжений указывают величины коллекторных токов каскадов. Для измерения этих токов желательно применять миллиамперметры ПМ-70 с конечными значениями шкалы 5—7,5 и 25—50 *ма*. Авометры ТТ-1 и Ц-20 при работе их в качестве миллиамперметров имеют значительные внутренние сопротивления и падение напряжения на них при полном отклонении стрелки составляет 0,8—1,2 *в*. При изменении режимов этими авометрами пределы измерений следует подбирать такими, чтобы стрелка не отклонялась более чем до середины шкалы, особенно при измерении токов в каскадах с резисторами в коллекторных цепях и малых напряжениях источников питания (3—4,5 *в*). Некоторое снижение точности измерения при этом несущественно.

Для того чтобы не вывести из строя транзисторы, перед налаживанием приемника следует тщательно проверить все соединения, обратив особое внимание на правильность подключения выводов транзисторов и электролитических конденсаторов.

Требуемые величины коллекторных токов устанавливают подбором резисторов между минусом источника питания (для транзисторов структуры *p-n-p*) и базами транзисторов.

17-2. ПРОВЕРКА БЛОКА ПИТАНИЯ (ВЫПРЯМИТЕЛЯ)

Испытание блока питания (выпрямителя) надо производить при всех вставленных в приемник лампах. Измерение напряжений на выходе его производят авометром ТТ-1 или Ц-20. Накал ламп может отсутствовать в случае короткого замыкания в цепи накала или отсутствия напряжения на сетевой обмотке. В первом случае трансформатор питания сильно нагревается через 2—3 *мин* после включения. Причиной короткого замыкания могут быть ошибка в монтаже цепей накала, касание лепестка какой-либо ламповой панели заземленного проводника и пр. Заниженное напряжение накала может быть при коротком замыкании в цепи выпрямителя, короткозамкнутых витках в одной из обмоток трансформатора питания либо из-за недостаточного числа витков или сечения провода обмотки накала самодельного трансформатора.

Если постоянное напряжение между шасси приемника и положительным полюсом конденсатора на выходе сглаживающего фильтра отсутствует, следует отключить приемник от сети и омметром проверить конденсатор. При коротком замыкании в конденсаторе обычно перегорает предохранитель и в большинстве случаев выходят

из строя полупроводниковые диоды Если короткого замыкания нет, следует проверить вентиль.

Причинами пониженного напряжения на выходе фильтра могут быть: недостаточная емкость или слишком большой ток утечки в конденсаторах фильтра (в этом случае они сильно нагреваются), чрезмерное потребление тока приемником, а также короткозамкнутые витки в обмотке трансформатора или ошибка при его намотке.

При отсутствии измерительного прибора наличие постоянного напряжения на выходе выпрямителя проверяется следующим образом: плюсовый вывод конденсатора фильтра каким-либо изолированным металлическим предметом замыкают на корпус сразу после выключения приемника из сети.

Если выпрямитель исправен, то появится сильная искра; при этом будет снят остаточный заряд с конденсаторов фильтра. Такую операцию при налаживании приемника следует повторять каждый раз после выключения его из сети, иначе остаточный заряд может вызвать довольно болезненный удар током.

17-3. НАЛАЖИВАНИЕ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ НЧ

Проверка исправности ламповых каскадов. Работоспособность каскадов УНЧ с питанием от электросети можно проверить следующим образом. Каким-либо металлическим предметом нужно прикоснуться к выводу от управляющей сетки сначала выходной лампы, а затем предоконечной. Регулятор громкости при этом должен находиться в положении, соответствующем максимальной громкости. Если каскады УНЧ исправны, то в громкоговорителе появится громкий фон переменного тока.

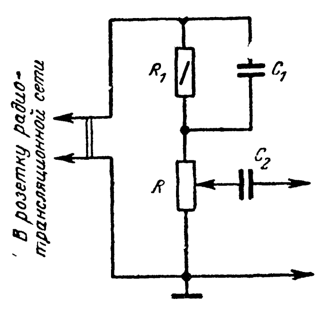


Рис. 17-2. Схема подключения источника НЧ сигнала к приемнику.

Качество работы усилителя НЧ можно проверить с помощью звукоснимателя или радиотрансляционной линии. Напряжение от последней подается на гнезда звукоснимателя через делитель напряжения по схеме на рис. 17-2, где $R_1 = 1 \div 2$ *Мом*, $R = 15 \div 27$ *ком*, $C_1 = 47 \div 150$ *пф*, $C_2 = 0{,}01 \div 0{,}015$ *мкф*. При отсутствии этих гнезд напряжение подается через конденсатор емкостью 0,01—0,015 *мкф* на управляющую сетку лампы первого каскада УНЧ. При проверке усилителя от звукоснимателя желательно применять новые грампластинки.

При воспроизведении грамзаписи проверяют действие регуляторов громкости и тембра (если он имеется). Уровень воспроизведения при исправном регуляторе громкости должен плавно изменяться от максимального до минимального. Если при вращении его ручки будут прослушиваться трески и шорохи, то его следует заменить. Изменение частотной характеристики с помощью регулятора тембра должно быть плавным и заметным на слух. При любых положениях регу-

ляторов тембра и громкости усилитель не должен самовозбуждаться, т. е. не должны появляться прерывистый звук или свисты.

Причиной самовозбуждения усилителя могут быть недостаточная емкость конденсатора на выходе выпрямителя, обрыв конденсаторов развязывающих цепочек, отсутствие соединения с шасси оболочек экранированных проводов, соединенных с регуляторами громкости и тембра, неудачное расположение деталей, плохая экранировка, плохие пайки.

Если в усилителе НЧ имеется отрицательная обратная связь, то перед налаживанием приемника цепь обратной связи следует отключить.

Устранение фона при питании от электросети. Сильный фон переменного тока в громкоговорителе приемника с питанием от электросети свидетельствует о плохом сглаживании пульсаций фильтром выпрямителя, неисправности деталей или неудачном монтаже. Если при соединении управляющей сетки лампы оконечного каскада с шасси фон не пропадает, то причиной его является недостаточная фильтрация выпрямленного напряжения. В этом случае к выходному конденсатору сглаживающего фильтра надо подключить заведомо исправный конденсатор большой емкости (40—100 *мкф*).

Если же при замыкании на шасси вывода сетки лампы оконечного каскада фон пропадал, то следует поочередно соединять с шасси управляющие сетки других ламп УНЧ. Если при замыкании на шасси сетки какой-либо лампы фон прекращается, то источник его находится в предыдущих каскадах.

Таким образом, находят каскад, в котором при замыкании на землю сетки лампы фон будет пропадать. При этом надо выяснить, возникает ли напряжение фона на управляющей сетке лампы этого каскада или оно поступает из анодных цепей ламп предыдущих каскадов. Если фон пропадает при замыкании на шасси анода лампы предыдущего каскада, это указывает на плохую фильтрацию анодного напряжения этого каскада. Тогда в его анодную цепь надо включить развязывающий фильтр, состоящий из резистора сопротивлением 10—51 *ком* и конденсатора емкостью 0,5—2 *мкф*. Если же при замыкании анода лампы на шасси фон не пропадает, значит происходит наводка переменного напряжения на элементы в цепи управляющей сетки этой лампы. Устранить наводку можно улучшением экранирования проводников цепи сетки, а также изменением расположения этих проводников и деталей по отношению к цепям накала и трансформатору питания.

Улучшение тембра. Если громкоговоритель «басит», то следует уменьшить емкость конденсатора в цепи первичной обмотки выходного трансформатора; если же, наоборот, тембр передачи очень высок, его емкость нужно увеличить.

Налаживание транзисторных каскадов УНЧ. Одно- и двухкаскадный усилители НЧ на транзисторах всегда работают устойчиво и самовозбуждение в них может возникнуть лишь при подключении высокочастотной части приемника. При трех каскадах в усилителе НЧ может возникнуть самовозбуждение из-за связи через общий источник питания. Для устранения ее можно источник питания зашунтировать электролитическим конденсатором емкостью 100—

500 *мкф* или включить в цепь питания первого каскада усилителя фильтр, состоящий из резистора сопротивлением 470 *ом* — 1,5 *ком* и конденсатора емкостью 2—10 *мкф* (подобно тому как это сделано в схеме второго каскада УПЧ по рис. 15-5).

Самовозбуждение усилителя на верхних звуковых частотах обычно удается устранить, увеличивая емкость конденсатора, подключенного к первичной обмотке выходного трансформатора (например, C_{18} на рис. 15-5).

В многокаскадных транзисторных усилителях довольно часто возникает прерывистая генерация — в громкоговорителе слышны периодические щелчки (капанье) или гул. Устранить это явление обычно удается уменьшением емкостей переходных конденсаторов, введением в цепь питания транзистора первого каскада усилителя фильтра, о котором говорилось выше.

Для проверки качества работы усилителя можно использовать радиотрансляционную сеть или звукосниматель. Радиотрансляционную сеть подключают к базе транзистора первого каскада УНЧ через делитель напряжения по схеме на рис. 17-2, который в данном случае должен иметь следующие параметры: R_1=270 *ком*; R=1 *ком*; C_1=150 *пф*; C_2=2,0 *мкф* (для московской радиосети); R_1=150 *ком*; C_1=51 *пф*.

Обратная связь. Включение цепи отрицательной обратной связи должно улучшить качество звуковоспроизведения и уменьшить фон переменного тока. При налаживании усилителя НЧ с отрицательной обратной связью нужно опытным путем подобрать сопротивления резистора и емкостей конденсаторов в цепях обратной связи, добиваясь получения возможно меньших искажений при минимальном уменьшении усиления. Если при включении цепи обратной связи получается не уменьшение, а увеличение усиления или в громкоговорителе возникает свист или гул, надо поменять местами выводы любой из обмоток выходного трансформатора.

17-4. НАЛАЖИВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ДЕТЕКТОРА

К статору конденсатора переменной емкости резонансного контура, соединенного с управляющей сеткой лампы детектора, подключают антенну через конденсатор емкостью 15—27 *пф*; лампу усилителя ВЧ следует вынуть из панели. Если каскада усилителя ВЧ в приемнике нет, то антенну включают в гнездо «Антенна» приемника.

Отключив катушки обратной связи того диапазона, в котором работает местная или ближайшая мощная радиостанция, вращением ручки настройки приемника надо попробовать принять эту радиостанцию. Если прием получается, значит детектор работает. Не изменяя настройки приемника, включают катушку обратной связи и, плавно вращая ручку регулировки обратной связи, наблюдают за громкостью сигнала станции. Она должна постепенно увеличиваться до некоторой величины, после чего в громкоговорителе появится свист (генерация). Плавности возникновения генерации добиваются подбором расстояния между контурной катушкой и катушкой обратной связи изменением сопротивления резистора R_1 и емкостей конденсаторов C_4 и C_5 (см. рис. 7-4).

Если после подключения катушки обратной связи громкость принимаемой станции не увеличивается ни при каком положении регулятора или даже уменьшается, то следует поменять местами выводы этой катушки.

17-5. «УКЛАДКА ДИАПАЗОНОВ» И НАЛАЖИВАНИЕ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ ВЧ

Надо установить границы диапазонов, или, как говорят, произвести укладку диапазонов налаживаемого приемника. Эту работу облегчает применение заводского приемника с градуированной шкалой.

Последовательность работы по укладке диапазонов определяется схемой включения катушек. Если в контурах приемника имеются отдельные катушки для каждого диапазона, то безразлично, с какого диапазона начинать укладку. Если же катушки СВ диапазона являются частью катушек ДВ диапазона, то укладку следует начинать с СВ диапазона.

За начало диапазона (начало шкалы приемника) принимают наименьшую длину волны (максимальную частоту), на которую может быть настроен приемник в данном диапазоне.

Если в приемнике есть каскад УВЧ, антенна подключается так же, как при проверке детектора; при отсутствии каскада УВЧ ее включают в гнездо «Антенна».

Оба радиоприемника настраивают на какую-либо радиостанцию, работающую в начале диапазона, длина волны которой известна. Изменяя в налаживаемом приемнике емкость подстроечного конденсатора, включенного параллельно контурной катушке, добиваются, чтобы положение указателя шкалы этого приемника при максимальной громкости принимаемой радиостанции соответствовало примерно такому же положению указателя на шкале заводского приемника. (Углы поворота подвижных пластин блоков конденсаторов переменной емкости должны быть примерно одинаковыми в обоих радиоприемниках.) После этого оба приемника настраивают на какую-либо радиостанцию в конце диапазона. Если максимальная громкость приема радиостанции на настраиваемом приемнике получается при положении указателя ближе к концу шкалы, то необходимо более глубоко ввернуть в катушку магнитный сердечник. Если же максимальная громкость ближе к началу шкалы, надо вывернуть сердечник, добиваясь максимальной громкости. Указанные операции следует повторить 2—3 раза, до тех пор пока положение указателей настройки в обоих приемниках при приеме радиостанций не будет совпадать.

Если в приемнике имеется усилитель ВЧ, следует переключить антенну в гнездо «Антенна» приемника. Настраивая приемник на те же радиостанции, изменением емкости подстроечного конденсатора входного контура в начале диапазона и индуктивности катушки входного контура в конце диапазона добиваются наибольшей громкости приема обеих станций. При этом конденсаторы переменной емкости устанавливают в те же положения, при которых производилась укладка диапазона. Аналогично настраивают контуры в других диапазонах.

Если катушки приемника не имеют сердечников, то ускорить настройку можно с помощью испытательной палочки из диэлектрика, на одном конце которой имеется ферритовый сердечник, а на другом — сердечник из алюминия или меди. Если в катушку входного

контура при настроенном приемнике ввести ферритовый сердечник и при этом громкость приема увеличивается, то число витков этой катушки следует увеличить. Если же громкость приема увеличивается при введении медного сердечника, то число витков катушки следует уменьшить. Если контур настроен точно, то громкость уменьшается при введении как медного, так и ферритового сердечника.

Особенности налаживания каскадов усиления ВЧ на транзисторах. Соединив налаженные каскады усилителя НЧ с детектором, проверяют отсутствие самовозбуждения в приемнике. Оно может возникнуть как на низких, так и на высоких частотах. В первом случае в громкоговорителе прослушивается тон, частота которого может быть различной, а во втором случае в громкоговорителе прослушивается сильное шипение. Наиболее вероятной причиной самовозбуждения может быть неудачное расположение по отношению к магнитной антенне высокочастотных трансформаторов, громкоговорителя или источника питания. Изменение положения этих деталей ликвидирует самовозбуждение.

Иногда для устранения генерации достаточно поменять местами концы любой из обмоток ВЧ трансформаторов или шунтировать их первичные обмотки резисторами с сопротивлением 4,7—15 *ком.*

Самовозбуждение может возникнуть из-за отсутствия или неудачного выбора точки соединения диффузородержателя громкоговорителя с общим проводом схемы или плохой фильтрации ВЧ напряжения на выходе детектора. При этом самовозбуждение появляется только при настройке на радиостанцию.

Устранив самовозбуждение, следует попытаться настроить приемник на какую-либо радиостанцию. Если радиостанцию принять не удается, то необходимо увеличить емкость конденсатора в фильтре детектора на 30—50% (C_2 на рис. 7-2); к антенному контуру нужно присоединить наружную или комнатную антенну через конденсатор емкостью 5—15 *пф.* Приняв сигнал радиостанции, подбором резисторов в цепях баз каскадов усиления ВЧ (R_1 на рис. 4-5) добиваются максимальной громкости приема. При этом вместо постоянных резисторов переменные подключить нельзя, так как это почти всегда приводит к самовозбуждению. Для подбора сопротивления резистора в цепи базы параллельно ему подключают резистор с сопротивлением в 3—4 раза большей величины. Если громкость приема при этом возросла, то резистор в цепи базы должен иметь меньшее сопротивление, чем установленный в приемнике, а если громкость уменьшилась, сопротивление этого резистора необходимо увеличить.

В транзисторном приемнике обычно устанавливают только верхние границы диапазонов ДВ и СВ, передвигая контурные катушки магнитной антенны по ее ферритовому стержню или подбором чисел витков катушек (радиолюбители Москвы и Московской обл. производят регулировку так, чтобы радиостанции, работающие на волнах длиной 1 734 и 547,4 *м*, принимались при положениях ротора конденсатора настройки, близких к максимальной емкости). После этого нужно отрегулировать расстояние между контурной катушкой и катушкой связи (L_2 на рис. 4-5). Увеличение числа витков последней и сближение катушек улучшают чувствительность приемника (до известных пределов), но ухудшают его избирательность. Чрезмерное увеличение числа витков катушки связи может привести к самовозбуждению приемника. Подбор числа витков катушки производится при приеме на магнитную антенну.

17-6. НАЛАЖИВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ И УПЧ СУПЕРГЕТЕРОДИНА НА ДЛИННЫЕ, СРЕДНИЕ И КОРОТКИЕ ВОЛНЫ

Проверка гетеродина. Проверить работу гетеродина лампового приемника можно включением одного из измерительных приборов, показанных на схеме по рис. 17-3. Замыкание конденсатора настройки контура гетеродина должно изменять показания прибора (любого).

Работу гетеродина на транзисторе (обычно этот же транзистор выполняет одновременно функции смесителя — см. схему на рис. 15-5) проверяют так: контролируют ток коллектора транзистора T_1 миллиамперметром с пределами до 1—5 *ма* (место включения прибора показано на рис. 15-5 крестиком) или вольтметром с пределами до 1—2 *в* постоянного тока по падению напряжения на резисторе R_3. При замыкании выводов катушки L_3 или

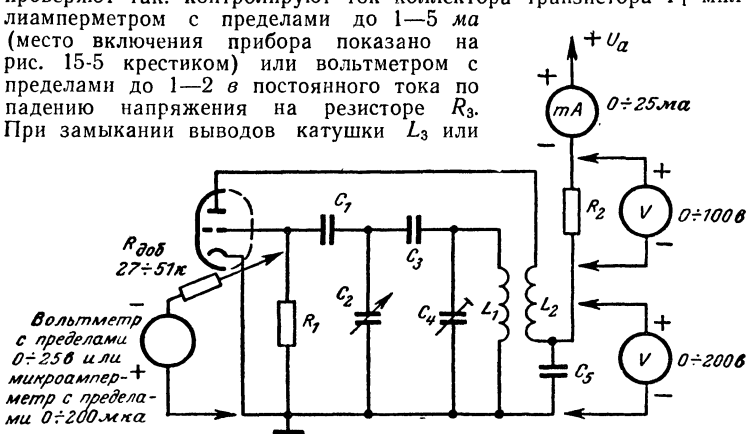


Рис. 17-3. Схема проверки работы гетеродина.

конденсатора C_9 показания указанных приборов в работающем преобразователе должны увеличиться на 25—30%.

Если гетеродин не работает во всех диапазонах, а схема его собрана правильно и все детали исправны, то наиболее вероятен выход из строя лампы или транзистора. Если гетеродин не работает на отдельных диапазонах, то причиной этого может быть обрыв контурной катушки или катушки обратной связи этого диапазона, отсутствие контакта в переключателе диапазонов, малое число витков катушки обратной связи или неправильное включение выводов ее. Исправность катушек и надежность контактов в переключателе диапазонов проверяют омметром, который следует включить на предел, соответствующий измерению самых малых сопротивлений.

В правильности включения катушки обратной связи гетеродина лучше всего убедиться, поменяв местами выводы ее. При монтаже катушек необходимо выполнять правило: если катушки намотаны в одну сторону, то начало контурной катушки должно быть присоединено к шасси, а начало катушки обратной связи — к аноду лампы гетеродина (к коллектору транзистора).

Настройка усилителя ПЧ. Приняв сигналы радиостанции на любом диапазоне и не изменяя в дальнейшем настройки приемника,

настраивают по максимальной громкости принимаемого сигнала последний фильтр усилителя ПЧ. После этого, не изменяя его настройки, так же настраивают остальные контуры усилителя ПЧ.

После настройки усилителя ПЧ в нем может возникнуть самовозбуждение на частоте, близкой к промежуточной. Причиной его могут быть связи между каскадами через источник анодного питания, недостаточная экранировка, неправильное включение или неудачный выбор мест соединения с шасси конденсаторов развязывающих фильтров, обрыв конденсатора в цепи АРУ. Самовозбуждение проявляется в виде шумов, свистов, сопровождающих прием каждой радиостанции. Для устранения самовозбуждения вначале включают в анодную цепь усилителя ПЧ фильтр, состоящий из резистора сопротивлением 2—5 *ком* и конденсатора емкостью 0,001—0,1 *мкф*.

Если самовозбуждение остается, подбирают места соединения с шасси выводов экранов у экранированных проводников в каскадах УПЧ, а также выводов развязывающих конденсаторов. Очень часто можно устранить самовозбуждение включением между шасси и выводом катода лампы УПЧ сопротивления 27—68 *ом*.

Налаживание преобразователя частоты заключается в укладке границ диапазонов и сопряжении частот настроек гетеродинных и входных контуров. Вначале производится укладка границ диапазонов, а затем сопряжение. При этом можно воспользоваться сигналами радиостанций, частоты которых близки к краям радиовещательных диапазонов, например: на СВ — радиостанции центрального радиовещания с частотами 547 *кгц* (547,4 *м*) и 973 *кгц* (344 *м*), а в диапазоне ДВ — с частотами 173 *кгц* (1 734 *м*) и 400 *кгц* (750 *м*).

Для определения места принимаемых радиостанций на шкале желательно воспользоваться заводским приемником.

Укладка границ диапазонов и сопряжение контуров. Укладка границ диапазонов осуществляется регулировкой элементов контуров гетеродина и производится так же, как и в приемнике прямого усиления. При этом антенна подключается ко входу преобразователя (ножка *2* для лампы 6И1П). Регулировка в начале диапазона производится изменением емкости подстроечного конденсатора контура гетеродина (C_5 на рис. 5-1, *а* или C_7 на рис. 5-1, *б*), а в конце диапазона — изменением индуктивности катушки контура гетеродина L_1.

Сопряжение контуров начинают с конца диапазона. Настроившись на радиостанцию в конце диапазона, вращением сердечника катушки входного контура добиваются максимальной громкости приема. Если четкого максимума громкости не получается даже при полностью введенном сердечнике, то надо домотать на катушку 15—20% витков. Если же максимальная громкость не получается при полностью выведенном сердечнике, то число витков катушки надо уменьшить.

Затем приемник настраивают на радиостанцию в начале диапазона и подстройку производят путем изменения емкости подстроечного конденсатора контура гетеродина. Емкость его и индуктивность катушки изменяют повторно до тех пор, пока регулировка в одном конце диапазона не перестанет влиять на регулировку в другом конце диапазона.

Настройка антенного фильтра (рис. 4-3). Его настраивают так. Сначала принимают радиостанцию в начале ДВ диапазона и вращают сердечник катушки фильтра до тех пор, пока громкость принимаемой станции не станет минимальной. Затем принимают радиостан-

цию в конце СВ диапазона и опять вращают сердечник катушки до получения минимальной громкости приема, замечая при этом, на сколько оборотов его повернули. После этого нужно повернуть сердечник обратно на половинное число оборотов, потребовавшихся для перестройки с одной станции на другую. При этом фильтр будет настроен (конечно, приблизительно) на промежуточную частоту.

После настройки и сопряжения контуров все сердечники катушек следует закрепить церезином или парафином.

17-7. НАСТРОЙКА УКВ ЧМ КАНАЛА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

Канал радиовещательного приемника можно настроить, не применяя специальной аппаратуры, лишь в непосредственной близости к УКВ ЧМ радиовещательной станции.

Сначала надо убедиться в работе гетеродина, как сказано на стр. 205. Признаком работы гетеродина может служить шум в громкоговорителе, интенсивность которого слегка меняется при изменении настройки. Если к выводу управляющей сетки лампы работающего гетеродина прикоснуться пальцем, то в громкоговорителе приемника будет слышен громкий щелчок, а уровень шума на 2—5 *сек* уменьшится.

Перед налаживанием канала сердечники катушек всех контуров усилителя ПЧ, в том числе и на выходе УКВ блока, нужно установить в среднее положение.

К приемнику подключают УКВ антенну или телевизионную антенну, рассчитанную на работу в I—III телевизионных каналах. Установив регулятор громкости приемника в положение максимального усиления, а регулятор тембра в положение максимального подъема верхних частот и медленно вращая ручку настройки приемника, пробуют принять сигналы местной УКВ ЧМ радиостанции.

Приняв сигналы радиостанции, добиваются наибольшей громкости приема вращением сердечников в контурах ПЧ, за исключением контура L_2C_2 частотного детектора (рис. 7-8).

После настройки УПЧ подстраивают анодный контур усилителя ВЧ до получения максимальной громкости. Для УКВ блока с емкостной настройкой (см. рис. 5-2, *б*) это производится изменением индуктивности катушки L_3, для УКВ блока с индуктивной настройкой (см. рис. 5-2, *а*) — изменением емкости конденсатора C_3. Последней производится регулировка положения сердечника катушки L_2 частотного детектора (рис. 7-8). Сердечник нужно установить в такое положение, при котором нелинейные искажения принимаемой передачи (на слух) получаются минимальными.

17-8. РЕГУЛИРОВКА БЛОКА РАЗВЕРТОК ТЕЛЕВИЗОРА[1]

Подготовка к регулировке. По окончании монтажа блока разверток и выпрямителей и после тщательной проверки правильности

[1] Материал для § 17-8—17-10 взят из брошюры В. В Коробейникова «Как построить телевизор» (Госэнергоиздат, М.—Л , 1963, Массовая радиобиблиотека, вып. 473). Описание налаживания блоков телевизора ведется применительно к этому телевизору, схема которого является одним из вариантов наиболее распространенной схемы с использованием для приема звукового сопровождения биений между несущими частотами изображения и звука (см. блок-схему на рис. 3-11). Упоминаемые в § 17-8—17-10 номера деталей соответствуют обозначениям в схемах блоков телевизора в разд. 13 и 15.

выполненной работы надо соединить эти блоки, установить кинескоп с отклоняющей системой, вплотную к ней надеть на горловину кинескопа магнит центровки кадров, а на расстоянии 20—25 *мм* от цоколя кинескопа — магнит ионной ловушки (см. рис. 16-5). Затем на штырьки цоколя кинескопа надевают его панельку, а провод от высоковольтного выпрямителя соединяют с выводом второго анода кинескопа.

Блоки разверток и выпрямители можно испытать и отрегулировать без приемно-усилительного блока (если он еще, например, не закончен изготовлением). В этом случае нужно собрать схему по рис. 17-4 для установки напряжения смещения на модуляторе кинескопа, т. е. для регулирования яркости растра на его экране. Переменный резистор сопротивлением 470 *ком* и постоянный резистор на 100 *ком* можно взять из приемно-усилительного блока (R_{21} и R_{22} на рис. 13-6). Лампу селектора ($Л_1$ на рис. 13-11) в блок развертки при этом можно не ставить.

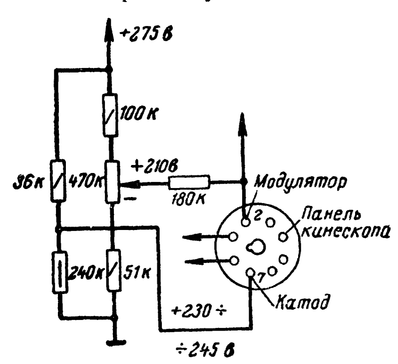


Рис. 17-4. Схема подачи смещения на модулятор кинескопа при испытании блока разверток без приемно-усилительного блока.

После включения блока питания в электросеть и 5-минутного прогрева нужно проверить напряжения на выходе выпрямителей. Когда их нагрузкой является только блок разверток, то измеренные напряжения анодного питания, смещения и накала будут несколько больше указанных на принципиальной схеме (рис. 13-11). Если напряжения окажутся меньше, значит в блоке питания или разверток имеются неисправности, которые необходимо обнаружить и устранить (см. § 18-4).

Меры безопасности. При любых работах внутри ящика телевизора или с его отдельными блоками вне ящика (при проверке режимов ламп, налаживании блоков, перепайках монтажа и т. п.) нельзя забывать, что когда телевизор включен в электросеть, в нем имеется высокое напряжение небезопасное для организма человека. Поэтому при всех этих работах необходимо строго соблюдать меры безопасности. Основными из них являются следующие:

1. Настройку телевизора производить одной рукой; вторая рука не должна касаться шасси телевизора или других его деталей, а также приборов и проводящих предметов, расположенных рядом с шасси.

2. Нельзя прикасаться к выводу анода кинескопа и ламп 6П13С, 6Ц10С и 1Ц11П, а также к цепям и проводникам схемы, соединенным с ними.

3. Следует избегать прикосновения к цепям схемы, соединенным с источником анодного напряжения, а также к деталям схемы выпрямителя.

4. Не производить монтаж (подпайку, перепайку) деталей в телевизоре, включенном в электросеть.

Налаживание схемы строчной развертки. После включения блока разверток и выпрямителя, если они исправны, через 3—5 *мин* нить накала высоковольтного кенотрона начнет светиться красноватым светом и на поверхности колбы кинескопа будет слышно потрескивание электрических разрядов. Это означает, что схема строчной развертки работает и на второй анод кинескопа подается высокое напряжение. Если этого не наблюдается, значит не работает блокинг-генератор строчной развертки, чаще всего из-за неправильного включения концов обмотки его трансформатора ТБС. В таком случае нужно поменять местами выводы одной из его обмоток.

Установка растра. Небольшими перемещениями магнита ионной ловушки с одновременным поворотом его вокруг горловины кинескопа добиваются наибольшей яркости растра на экране. При этом не следует увеличивать напряжение на модуляторе кинескопа потенциометром в схеме на рис. 17-4, так как это может привести к резкому увеличению тока катода его, что вредно для кинескопа. При установленном режиме свечение растра должно быть не очень ярким.

Вращением отклоняюшей системы вокруг горловины кинескопа добиваются горизонтального расположения линий растра, после чего закрепляют отклоняющую систему хомутиком подставки. Симметричного расположения краев растра по отношению к краям экрана можно достигнуть только вращением магнита центровки кадров.

Если вертикальный размер растра мал или вместо него на экране кинескопа видна яркая горизонтальная линия, то причина этого чаще всего в неправильном включении выводов обмоток трансформатора блокинг-генератора кадров (ТБК). В этом случае надо поменять места включения выводов одной из обмоток.

Работу блока разверток можно считать нормальной, если: 1) вращением ручки «Частота кадров» можно устанавливать неподвижный кадр на экране (это значит, что блокинг-генератор кадров синхронизируется с частотой питающей сети); 2) вращением ручки «Линейность по вертикали» устанавливается растр с равномерным расположением его линий; 3) вращение ручки «Частота строк» приводит к появлению свиста высокого тона; это говорит о нормальной работе схемы строчной развертки.

17-9. НАСТРОЙКА ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОГО БЛОКА ТЕЛЕВИЗОРА

Подготовка к настройке. Прежде чем приступить к регулировке и настройке приемно-усилительного блока, нужно разобрать временную схему испытания блока разверток (рис. 17-4), соединить приемно-усилительный блок с выпрямителем, трансформатором питания и блоком разверток, установить в последний лампу селектора 6Ф1П ($Л_1$ на рис. 13-11), штепсель антенного фидера вставить в гнездо A_2 (рис. 16-2) и включить телевизор в электросеть.

После появления на экране кинескопа растра и дополнительного 5-минутного прогрева телевизора измеряют вольтметром или авометром напряжения на электродах ламп блока разверток и приемно-усилительного блока, как описано в § 17-1. Отклонение напряжений от указанных на схемах по рис. 13-6 и 13-11 более чем на $\pm 20\%$

(при измерении прибором, указанным в подписях к рисункам) свидетельствует о наличии неисправных деталей или ошибок в монтаже. Однако надо иметь в виду, что при отсутствии телевизионного сигнала напряжение на аноде лампы видеоусилителя ($Л_4$) значительно ниже указанного на схеме.

Добившись необходимых напряжений на электродах ламп, приступают к настройке контуров УПЧ при приеме испытательной таблицы (рис. 3-16).

Яркость свечения экрана кинескопа устанавливают достаточной для обычных условий освещенности комнаты. Ручку регулятора контрастности на приемно-усилительном блоке ставят в положение максимального усиления.

Входные блоки (переключатели телевизионных каналов) ПТК выпускают с завода окончательно отрегулированными и в дополнительном регулировании при налаживании телевизора не нуждаются.

Сердечники катушек L_1, L_2, L_4 и L_5 приемно-усилительного блока (см. рис. 13-6) надо ввинтить так, чтобы они наполовину находились под витками этих катушек, а сердечник катушки L_3 так, чтобы он целиком находился под ее витками (если в качестве катушки L_3 используется катушка от телевизора «Рубин», то ее латунный сердечник надо полностью вывинтить). Ручку настройки гетеродина входного блока нужно повернуть до середины возможного угла поворота ее, а переключатель этого блока нужно поставить в положение, соответствующее каналу принимаемой телевизионной станции (телецентра).

Настройка общего УПЧ. Отверткой из изоляционного материала вращают сердечник катушки L_2 Т-образного контура до получения изображения на экране. Если этого достичь не удается, то надо повернуть на 2—3 оборота сердечники катушек L_1, L_4 и L_5 и опять перемещать сердечник катушки L_2. Поочередно вращая сердечники катушек L_1, L_2, L_4 и L_5, добиваются изображения таблицы на экране. Если на нем видны чередующиеся темные горизонтальные полосы и кадр мелькает в такт с сигналами звукового сопровождения, то эти помехи устраняют настройкой контура с катушкой L_3.

Далее, нужно добиться получения наиболее контрастного изображения при наименьшем усилении УВЧ. Вращая сердечники катушек L_1, L_2, L_4 и L_5, увеличивают контрастность изображения (не обращая внимания на его четкость), одновременно уменьшая усиление УВЧ увеличением отрицательного напряжения на сетке его лампы регулятором контрастности. Вращать сердечники этих катушек надо до тех пор, пока дальнейшее прибавление контрастности перестанет наблюдаться и будет получено изображение максимально возможной контрастности. Затем сердечник катушек L_4 и L_5 ввертывают на несколько оборотов до получения четкости по вертикальному клину *2* испытательной таблицы около 350 линий (см. рис. 3-15).

Дальнейшего повышения четкости изображения достигают вращением сердечника катушки L_1. При неправильной настройке контура с этой катушкой получается изображение с серыми хвостами без полутонов. Уменьшение контрастности при настройке этого контура надо компенсировать увеличением усиления УВЧ с помощью регулятора «Контрастность».

Проверка правильности настройки УПЧ производится небольшим изменением положения сердечников катушек. Поворот сердечника катушки L_2 в обе стороны на 2 оборота должен ухудшить кон-

трастность изображения. При вывинчивании карбонильного (ввинчивании латунного — в заводском контуре) сердечника катушки L_3 на 1—2 оборота контрастность изображения должна увеличиваться, а четкость — ухудшаться. Ввинчивание карбонильного (и вывинчивание латунного) сердечника этой катушки сопровождается увеличением четкости с последующим появлением помех от звукового сопровождения. Ввинчивание сердечников катушек L_1, L_4 и L_5 должно вызывать увеличение контрастности и потерю четкости, и вывинчивание — приводить к ухудшению усиления нижних частот видеосигнала, что определяется по образованию светлой окантовки справа около черных мест изображения и нарушению синхронизации кадров и строк. При правильном положении сердечников катушек L_4 и L_5 хорошо воспроизводятся полутона изображения.

Регулировка видеоусилителя. Изменением положения сердечника дросселя в цепи сетки лампы $Л_4$ ($Др_1$ на схеме по рис. 13-6) добиваются наилучшей общей четкости изображения. Затем, перемещая сердечник дросселя ($Др_2$) в анодной цепи лампы $Л_4$ добиваются наибольшей четкости изображения вертикального клина таблицы (до 350—400 линий). При чрезмерно выведенном сердечнике анодного дросселя $Др_2$ на изображении могут появиться помехи от звукового сопровождения в виде сетки. После этого небольшими перемещениями сердечника дросселя $Др_1$ в цепи сетки лампы $Л_4$ надо добиться уменьшения смазывания линий вертикального клина испытательной таблицы в местах, отмеченных числами 350—400. После настройки четкость по вертикальному клину должна быть не хуже 400 линий.

Настройка канала звука. Каскады усилителя НЧ налаживают, как указано в § 17-3. После этого приступают к настройке усилителя разностной частоты. Сердечник катушки первого резонансного контура его (L_6 на рис. 13-6) вывинчивают так, чтобы треть его длины размещалась под витками обмотки; сердечники катушек других контуров L_7, L_8 и L_9 вводят до половины их длины под витки обмоток, а сердечник катушки L_{10} — на две трети его длины. Регулятор громкости устанавливают на максимальную громкость, а регулятор тембра — в положение, соответствующее подъему верхних частот. К резистору в цепи управляющей сетки лампы $Л_6$ ограничителя (R_{29}) подключают вольтметр постоянного тока с конечным значением шкалы 10 *в* (его положительный полюс соединяют с шасси).

Вращая сердечники катушек L_6, L_7 и L_8, добиваются наибольшего отклонения стрелки вольтметра. Вращением сердечника катушки L_{10} добиваются неискаженного воспроизведения звука, а вращением сердечника катушки L_9 — наибольшей громкости. Потом следует еще раз подстроить контуры с катушками L_6, L_7 и L_8, затем снова контуры с катушками L_9 и L_{10} и закрепить сердечники последних.

17-10. НАСТРОЙКА ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОГО БЛОКА ТЕЛЕВИЗОРА С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Для того чтобы настроить приемно-усилительный блок более точно и, таким образом, повысить качество изображения на экране телевизора и улучшить звуковоспроизведение, нужна радиоизмерительная аппаратура:

1) генератор сигналов типа ГЗ-8 или СГ-1;

2) генератор стандартных сигналов типа Г4-1А, ГСС-6А или ГСС-6;

3) ламповый вольтметр, например типа В7-2, ВЛУ-2 или аналогичный им, имеющий шкалу с конечным значением переменного напряжения 5—15 *в*;

4) миллиампервольтомметр, например типа Ц-20, либо тестер типа ТТ-1 или ТТ-2, либо какие-нибудь аналогичные измерительные приборы, имеющие шкалы с конечным значением постоянного напряжения 3—5 *в* и переменного напряжения 10—30 *в*.

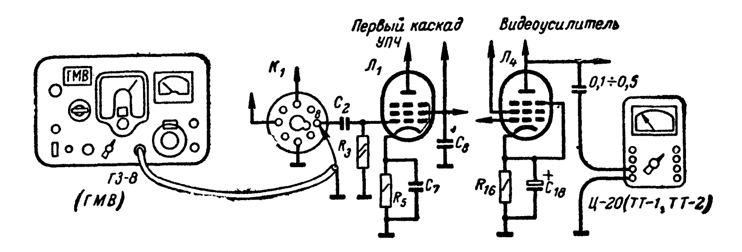


Рис. 17-5 Подключение генератора сигналов и миллиампервольтомметра к схеме телевизора для настройки общего УПЧ.

Ламповый вольтметр нужен только для настройки видеоусилителя. Если в распоряжении радиолюбителя будет ламповый вольтметр В7-2 или ВЛУ-2, можно будет обойтись без миллиампервольтомметра или тестера, используя ламповый вольтметр при всех работах по настройке приемно-усилительного блока телевизора.

С другой стороны, если нет лампового вольтметра, не удастся уточнить настройку видеоусилителя.

Прежде чем приступить к настройке телевизора с помощью измерительной аппаратуры, необходимо хорошо изучить прилагаемые к ней инструкции по эксплуатации.

Настройка общего УПЧ. Параллельно контурным катушкам L_1 и L_4 временно подпаивают резисторы с сопротивлением по 220—270 *ом* и вынимают штепсель входного блока ПТК (ПТП) из колодки разъема в приемно-усилительном блоке. Вольтметр переменного напряжения с конечным значением шкалы 10 или 30 *в* присоединяют к выходу видеоусилителя через конденсатор емкостью 0,1—0,5 *мкф*, а высокочастотный кабель генератора Г3-8 (ГМВ, СГ-1) — к гнезду колодки упомянутого штепсельного разъема и шасси приемно-усилительного блока (рис. 17-5). Устанавливают частоту генератора 27,75 *Мгц* с внутренней модуляцией синусоидальным напряжением НЧ, а делитель выходного напряжения генератора устанавливают на нулевую отметку.

После включения измерительных приборов и телевизора и 5—10-минутного прогрева их доводят выходное напряжение генератора до уровня, при котором вольтметр показывает напряжение 2—4 *в*. Вращая сердечник катушки L_3 Т-контура, добиваются минимального показания вольтметра. Потом следует увеличить выходное напряжение генератора Г3-8 и убедиться в том, что при всяком из-

менении положения сердечника этой катушки наблюдается увеличение показаний вольтметра.

Затем устанавливают в генераторе частоту 33,75 *Мгц* и регулируют выходное напряжение его так, чтобы показания вольтметра были 1—3 *в*. После этого вращением сердечника катушки L_2 Т-контура добиваются наибольшего показания вольтметра. По мере подхода к максимальным показаниям нужно уменьшать выходное напряжение генератора во избежание неточной настройки из-за ограничения сигнала лампами УПЧ при слишком большом уровне его.

Закрепив положение сердечников катушек настроенного Т-контура расплавленным парафином, приступают к настройке контуров с катушками L_4 и L_5. Отсоединив от катушки L_4 шунтирующий резистор, устанавливают в генераторе частоту 32 *Мгц* и уменьшают выходное напряжение его так, чтобы стрелка вольтметра находилась ближе к нулевой отметке шкалы. Затем, вращая сердечник катушек L_4 и L_5 добиваются максимального отклонения стрелки вольтметра. После этого отпаивают шунтирующий резистор из контура с катушкой L_1 и настраивают его на частоту 31 *Мгц* в таком же порядке, как и контуры с катушками L_4 и L_5.

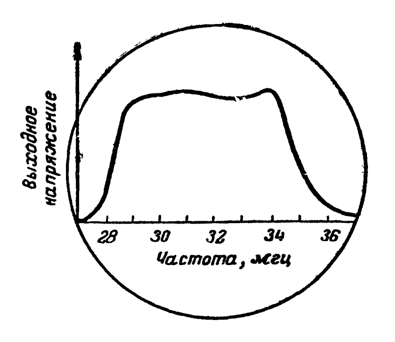


Рис. 17-6. Частотная характеристика первых двух каскадов УПЧ.

Проверка правильности настройки общего УПЧ. Выходное напряжение генератора устанавливают таким, чтобы вольтметр показал напряжение на выходе видеоусилителя не более 7—8 *в*. Не изменяя положения делителя напряжения генератора Г3-8 и поддерживая его выходное напряжение постоянным (контролируется по вольтметру генератора) устанавливают частоты генератора последовательно 27; 27,5; 28; 29; 30; 31; 32; 33,5; 34; 25; 35 и 36 *Мгц* и на каждой частоте записывают показание вольтметра на выходе видеоусилителя. По полученным данным строят частотную характеристику УПЧ. Она должна иметь вид сходный с видом характеристики на рис. 17-6.

Если усиление в пределах полосы пропускания отличается более чем на ±20% от усиления на частоте 32,75 *Мгц*, нужно произвести подстройку резонансных контуров с катушками L_4 и L_5 и снова сравнить полученную частотную характеристику с требуемой.

Регулировка видеоусилителя сводится к подбору индуктивностей дросселей $Др_1$ и $Др_2$. Генератор Г4-1А и ламповый вольтметр В7-2 включают, как показано на рис. 17-7. Вывод диода $Д_1$ нужно отпаять от резистора R_{15}, отсоединить от шасси нижний по схеме вывод этого резистора, подключить к этому выводу зажим «1» делителя генератора, а корпус делителя присоединить к шасси приемно-усилительного блока. Вход высокочастотного пробника лампового вольтметра присоединяют к гнезду 7 панели кинескопа, отключенной от его

цоколя, а корпус пробника — к шасси блока. Все соединения надо выполнить короткими проводами.

На шкале генератора устанавливают частоту 2,8—3 *Мгц* и выходное напряжение 0,8—1 *в*. Изменяя положение сердечника дроссе-

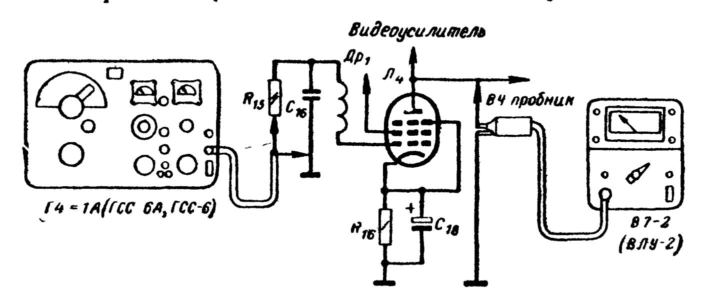


Рис. 17-7. Подключение генератора стандартных сигналов и лампового вольтметра к схеме телевизора для регулировки видеоусилителя.

ля $Др_1$, добиваются наибольшего отклонения стрелки вольтметра. Закрепив положение сердечника дросселя $Др_1$ расплавленным парафином, устанавливают в генераторе частоту 4,5 *Мгц* и изменением положения сердечника дросселя $Др_2$ добиваются наибольших показаний лампового вольтметра. После настройки сердечник в этом дросселе закрепляют.

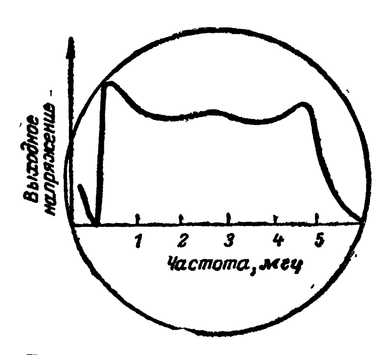


Рис. 17-8. Частотная характеристика видеоусилителя.

Проверка регулировки видеоусилителя. Для проверки правильности подгонки индуктивности дросселей при неизменном выходном напряжении генератора снимают и вычерчивают характеристику видеоусилителя. Устанавливая частоту генератора последовательно равной 0,1; 1; 2; 3; 4,5; 5; 6 и 6,5 *Мгц*, отмечают и записывают показания лампового вольтметра. По полученным данным вычерчивают характеристику, которая должна быть подобна характеристике на рис. 17-8. После этого выводы диода $Д_1$ и резистора R_{15} припаивают на свои места.

Настройка УПЧ канала звука. Один вывод конденсатора C_{10} отпаивают от выхода видеодетектора и подключают к высокочастотному кабелю генератора Г4-1А, заземляющий провод которого соединяют с шасси приемно-усилительного блока. Вольтметр постоянного напряжения подключают параллельно резистору R_{29}, соединив положительный полюс вольтметра с шасси блока (рис. 17-9).

Установив в генераторе частоту 6,5 *Мгц* при включенной модуляции и напряжение на выходе его 0,5—1 *в*, последовательным вращением сердечников катушек L_6, L_7 и L_8 добиваются максимальных показаний вольтметра. Напряжение на выходе генератора при этом поддерживается таким, чтобы стрелка вольтметра не уходила за пределы шкалы.

Проверка настройки УПЧ канала звука. Для этого надо определить полосу пропускания УПЧ. Частоту генератора изменяют сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения и отмечают

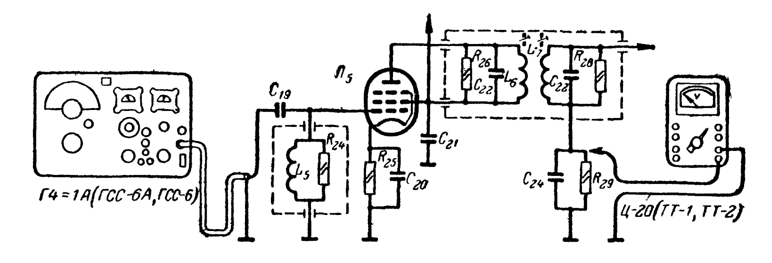


Рис. 17-9. Подключение генератора стандартных сигналов и миллиампервольтомметра к схеме телевизора для настройки канала звукового сопровождения.

частоты, при которых падение напряжения на резисторе равно половине максимального на частоте 6,5 *Мгц*. Разность этих частот, отмеченных по шкале генератора, и будет шириной полосы пропускания УПЧ. Она должна быть не у́же 500 *кгц*.

Настройка детектора отношений. Генератор остается подключенным к конденсатору C_{19}, а частота генератора устанавливается 6,5 *Мгц* при выходном напряжении 0,5—1 *в*. Вольтметр подключается одним выводом к точке соединения резисторов R_{32} и R_{36}, а другим — к точке соединения двух дополнительных резисторов с одинаковым сопротивлением (120—150 *ком*), которые присоединяют параллельно резистору R_{34} (рис. 17-10). Вращая сердечник катушки L_{10}, добиваются минимального отклонения стрелки вольтметра. При правильной настройке последующие повороты сердечника в обе стороны будут приводить к увеличению показаний вольтметра. Затем вольтметр присоединяют параллельно резистору R_{34} и, не отключая дополнительных резисторов, настраивают контур с катушкой L_9 по наибольшему показанию вольтметра.

Проверка настройки детектора отношений. Вольтметр подключают к тем же точкам, что и при настройке контура с катушкой L_{10} (рис 17-10). При подаче сигнала с частотой 6,5 *Мгц* и правильной настройке фазосдвигающего трансформатора (L_9L_{10}) стрелка вольтметра должна оставаться на нулевой отметке его шкалы. Изменяя частоту генератора от среднего значения 6,5 *Мгц* в обе стороны на 200 *кгц*, отмечают показания вольтметра. Напряжение, подаваемое от генератора, должно быть таким, чтобы на резисторе R_{29} падение напряжения было не более 2 *в*. При частоте 6,5 *Мгц* + 200 *кгц* напряжение, измеряемое вольтметром (рис. 17-10), будет положитель-

ным, а при частоте 6,5 *Мгц* — 200 *кгц* — отрицательным. Допустимо, если измеренные напряжения в этих двух случаях будут отличаться друг от друга по величине не более чем на ±20%. При замере этих двух напряжений необходимо изменять полярность включения вольтметра.

После настройки УПЧ надо припаять конденсатор C_{19} к выходу видеодетектора и удалить два дополнительных резистора, подклю-

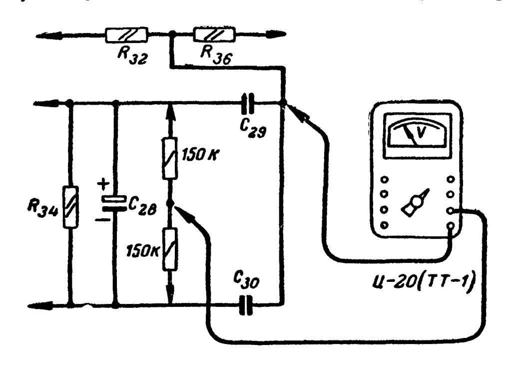


Рис. 17-10. Подключение миллиампервольтомметра к схеме детектора отношений при его настройке.

ченные к резистору R_{34}. Окончательно закрепить сердечники катушек L_6, L_9 и L_{10} можно после подстройки их при приеме телепередачи, добившись небольшими поворотами сердечников наилучшего качества звукового сопровождения, свободного от искажений и помех.

РАЗДЕЛ 18

НАХОЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАДИОПРИЕМНИКАХ И ТЕЛЕВИЗОРАХ

18-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Приступая к определению неисправности приемника или телевизора, необходимо предварительно изучить его схему, ознакомиться с расположением блоков и каскадов, знать назначение каждого из них, уметь отличить плохую работу его по причине неудовлетворительных условий приема от плохой работы из-за неисправности самого приемника (телевизора).

Отыскание неисправности следует начинать с определения неисправного блока или каскада. В большинстве случаев неисправный блок можно определить по внешнему признаку. В приводимых ниже табл. 18-1—18-3 указаны характерные случаи внешнего проявления неисправностей и даются сведения, позволяющие определить их местонахождение. Табл. 18-3 составлена в предположении, что: 1) напряжение питающей сети проверено и отклоняется от номинального значения не более чем на ±10%; 2) манипулируя внешними органами регулировки и управления, не удается добиться нормальной работы телевизора и 3) плохая работа его не зависит от условий приема.

Проверка режима. Для облегчения нахождения неисправностей радиоаппаратуры на ее принципиальных схемах указывают напряжения в различных цепях. Если причину неисправности не удалось обнаружить простейшим способом (внешним осмотром, заменой ламп и т. п.), то необходимо измерить напряжение на электродах ламп неисправного каскада или блока (см. § 17-1).

Отклонение величины напряжения до ±20% указанной на схеме величины не всегда свидетельствует о неисправности, так как на результаты измерения влияет ряд факторов, таких, как напряжение в сети, класс точности приборов, допустимый разброс параметров схемы и др.

Проверка ламп. Некоторые дефекты ламп со стеклянными баллонами обнаруживаются при внешнем осмотре. Обрыв подогревателя (нити накала) такой лампы или нарушение контактов между штырьками цоколя и выводами электродов лампы обнаруживают по отсутствию свечения подогревателя при включенном приемнике (телевизоре). Нарушение вакуума при отсутствии заметной трещины на стекле можно обнаружить по молочному налету на внутренней стороне баллона лампы.

Обрыв подогревателя или полная потеря эмиссии у металлических ламп обнаруживается по отсутствию выделения тепла осторожным прикосновением влажного пальца к баллону.

Скрытые дефекты ламп можно выявить при проверке режима, а также заменой проверяемой лампы исправной.

Проверка полупроводниковых диодов. Прямое и обратное сопротивления полупроводникового диода измеряют с помощью омметра. Точечный диод считается исправным, если его прямое сопротивление не больше 1 *ком* и обратное не меньше 100 *ком*. Неисправности в полупроводниковых диодах могут возникнуть из-за превышения допустимого тока или обратного напряжения, а также из-за перегрева паяльником во время монтажа.

Проверка конденсаторов. Некоторые неисправности конденсаторов можно выявить с помощью омметра, отпаяв от схемы один из выводов проверяемого конденсатора. При полном пробое его омметр показывает сопротивление, близкое к нулю. При частичном пробое сопротивление изоляции конденсатора находится в пределах до нескольких сотен тысяч ом.

О значительном уменьшении емкости электролитических конденсаторов из-за высыхания электролита можно судить при проверке их с помощью омметра. Исправные электролитические конденсаторы при подключении омметра сначала вызывают резкое отклонение его стрелки (за счет заряда конденсатора от батареи омметра), а затем стрелка возвращается в положение, соответствующее большому со-

противлению. При таких испытаниях к положительному выводу омметра присоединяется положительная обкладка конденсатора. Характер отклонения стрелки омметра можно сравнить с результатами аналогичного испытания исправного конденсатора такой же емкости и номинального напряжения, что позволяет судить о качестве проверяемого конденсатора.

При отсутствии омметра электролитический конденсатор можно проверить, отсоединив его от работающей схемы и замкнув накоротко через несколько секунд обкладки. Если при замыкании обкладок появится искра, то конденсатор исправен (сохраняет заряд). По времени сохранения заряда и величине искры можно судить о качестве конденсатора.

Проверка резисторов. Характерными неисправностями резистора являются:

1) разрушение (перегóрание) проводящего слоя или обрыв проводника в проволочных резисторах;

2) возрастание сопротивлений высокоомных резисторов (более 1 *мом*);

3) нарушение контактов с выводами.

Неисправный непроволочный резистор часто можно обнаружить по внешнему виду (обугливание покрытия, наличие светлых колечек или отставание части покрытия). Потемнение окраски резистора не всегда является признаком неисправности его. Проверку исправности резистора можно произвести с помощью омметра.

Таблица 18-1

Порядок нахождения неисправностей в радиоприемниках и телевизорах

Последовательность проверки	Способ обнаружения и устранения неисправностей
1. Тщательный осмотр монтажа и внешнего состояния деталей	Находят видимые на глаз повреждения паек и монтажа, обрывы проводников и короткие замыкания, проверяют механическую прочность паек
Проверка надежности соединения с шасси экранов, исправности ламповых панелей и т. п.	Находят и заменяют неисправные (почерневшие, закопченные и лопнувшие) резисторы, конденсаторы с вытекшей изоляционной массой и т. п.
2. Проверка исправности электронных ламп	У лампы с неисправной нитью накала (подогревателем) баллон совершенно холодный. Исправность нити накала можно проверить пробником. Если нити накала всех ламп целы, пробником проверяют отсутствие коротких замыканий между электродами

Последовательность проверки	Способ обнаружения и устранения неисправностей
3. Проверка режимов работы ламп (транзисторов)	С помощью вольтметра проверяют соответствие режимов работы ламп (транзисторов) режимам, указанным на принципиальной схеме или карте напряжений. Несоответствие напряжений на электродах лампы (транзистора) укажет на неисправность в каскаде, где лампа (транзистор) работает
4. Проверка отдельных цепей неисправного каскада	Отыскание с помощью омметра или пробника неисправностей в основных деталях цепи: а) в конденсаторах — замыкание, утечка или обрыв; б) в резисторах — обрыв или значительное отклонение от номинала; в) в катушках, дросселях и трансформаторах — обрыв или замыкание между обмотками

18-2. НЕИСПРАВНОСТИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Таблица 18 2

Наиболее часто встречающиеся неисправности радиоприемников[1]

Признаки неисправности	Причины неисправности
Выпрямитель сетевого приемника	
1. Трансформатор питания сильно нагревается даже при вынутых лампах. Пониженное напряжение на всех его обмотках	Короткозамкнутые витки в обмотке трансформатора или пробой ее на сердечник

[1] Предполагается, что все электронные лампы исправны.

Признаки неисправности	Причины неисправности
2. Трансформатор питания, полупроводниковые диоды (селеновый столб) быстро нагреваются, в кенотроне — искрение и сильное голубое свечение. Перегорает предохранитель	Пробой электролитического конденсатора сглаживающего фильтра, чаще всего входного, короткое замыкание на выходе фильтра выпрямителя
3. Прием сопровождается фоном переменного тока	Уменьшение емкости электролитических конденсаторов фильтра вследствие высыхания их
4. Нет напряжения на выходном конденсаторе сглаживающего фильтра	Обрыв дросселя или резистора фильтра
Источники питания батарейных приемников	
5. Приема нет, напряжение питания значительно занижено, ток питания больше нормы	Короткое замыкание в цепи питания
6. Прием с пониженной громкостью, напряжение питания занижено, ток, потребляемый от батарей, также занижен	Частичный разряд батарей
7. Прием на всех диапазонах сопровождается свистом. Напряжение анодной батареи значительно ниже нормального	Частичный разряд анодной батареи
Оконечный каскад усилителя НЧ лампового приемника	
8. Приема нет. На экранирующей сетке лампы нет напряжения	Обрыв резистора или пробой конденсатора в цепи экранирующей сетки
9. Приема нет, напряжение на аноде лампы равно нулю	Пробит конденсатор, включенный между анодом лампы и шасси приемника
10. Приема нет. Вольтметр, включенный между анодом лампы и шасси, показывает полное напряжение источника питания	Перегорел резистор смещения в цепи катода

Признаки неисправности	Причины неисправности
11. Приема нет. Экранирующая сетка лампы сильно накаляется (заметно на глаз в стеклянных лампах)	Обрыв первичной обмотки выходного трансформатора
12. Прием с пониженной громкостью и искажениями, выходной трансформатор во время приема сильно нагревается	Короткое замыкание между витками первичной обмотки выходного трансформатора
13. Передача сильно искажается, на управляющей сетке лампы — положительное напряжение, анод ее сильно нагревается	Пробой или большая утечка в переходном конденсаторе цепи управляющей сетки лампы оконечного каскада
14. В громкоговорителе слышен шум, напоминающий шум моторной лодки	Обрыв резистора в цепи управляющей сетки лампы
15. Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Уменьшение емкости конденсатора, включенного параллельно резистору смещения в цепи катода лампы
16. Прием временами прекращается, напряжения на электродах ламп имеют нормальную величину. В громкоговорителе сетевого приемника при прекращении приема не прослушивается даже слабый фон	Плохой контакт в цепи вывода звуковой катушки громкоговорителя
Оконечный каскад транзисторного приемника	
17. Приема нет, напряжение на коллекторе транзистора равно нулю	Пробит конденсатор, включенный между коллектором и шасси; пробит переход в транзисторе
18. Передача сильно искажена, ток коллектора завышен	Пробит переходной конденсатор
19. Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах нормальные	Уменьшение емкости переходного конденсатора

Признаки неисправности	Причины неисправности
Каскад предварительного усилителя НЧ лампового приемника	
20. Приема нет, напряжение на аноде лампы отсутствует	Перегорание или обрыв резистора нагрузки или фильтра в анодной цепи лампы
21. Приема нет, резистор развязывающего фильтра в анодной цепи лампы нагревается	Пробит конденсатор развязывающего фильтра в анодной цепи
22 Приема нет, напряжение на экранирующей сетке равно нулю:	
а) резистор в цепи экранирующей сетки сильно греется;	Пробит конденсатор в цепи экранирующей сетки
б) резистор не греется	Обрыв в резисторе
23 Приема нет. Вольтметр, включенный между анодом лампы и шасси, показывает полное напряжение источника питания	Обрыв или перегорание резистора смещения в цепи катода лампы
24. Прием сопровождается искажениями, напряжение на аноде лампы занижено	Снижение сопротивления изоляции между обкладками переходного конденсатора
25. Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Уменьшение емкости конденсатора, включенного параллельно резистору смещения
Каскад предварительного усиления НЧ транзисторного приемника	
26 Приема нет, напряжение на коллекторе и ток коллектора равны нулю	Обрыв резистора нагрузки или фильтра в цепи коллектора транзистора, пробой конденсатора фильтра в цепи коллектора
27. Прием с пониженной громкостью и искажениями, напряжение на коллекторе завышено, ток коллектора мал	Обрыв резистора в цепи базы транзистора
28. Приема нет, напряжения на электродах нормальные, ток коллектора нормальный	Обрыв переходного конденсатора

Признаки неисправности	Причины неисправности
Диодный детектор и схема АРУ лампового и транзисторного приемников	
29. Приема нет (усилитель НЧ работает нормально)	Обрыв или замыкание на шасси вторичной обмотки трансформатора ПЧ. Обрыв переходного конденсатора или резистора нагрузки детектора. Обрыв или пробой полупроводникового диода
30. Прием с пониженной громкостью (усилитель НЧ работает нормально)	Расстроен фильтр ПЧ
31. Прием есть. При вращении ручки регулятора громкости в громкоговорителе слышны громкие трески и шорохи	Износ или загрязнение токопроводящего слоя потенциометра регулятора громкости. Плохой контакт между его ползунком и токопроводящим слоем
Сеточный детектор регенеративного лампового приемника	
32. Приема нет на всех диапазонах (усилитель НЧ исправен)	Короткое замыкание между пластинами конденсатора настройки. Обрыв конденсатора в цепи управляющей сетки лампы
33. Приема нет на одном из диапазонов (в схеме с отдельной катушкой для каждого диапазона)	Обрыв или короткое замыкание в контурной катушке данного диапазона. Неисправен переключатель диапазонов
34. При вращении ручки регулятора обратной связи громкость приема не изменяется	Обрыв в катушке обратной связи. Нет контакта между движком и токопроводящим слоем потенциометра обратной связи
Усилитель ВЧ или ПЧ лампового приемника	
35. Приема нет, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Замыкание в конденсаторе или катушке резонансного контура или фильтра ПЧ

Признаки неисправности	Причины неисправности
36 Нет приема, нет напряжения на аноде лампы	Обрыв анодной катушки контура или фильтра Пробой конденсатора или обрыв резистора развязывающего фильтра в цепи анода лампы
37 Приема нет, напряжение на экранирующей сетке равно нулю	
а) резистор в цепи экранирующей сетки заметно нагревается;	Пробой конденсатора в цепи экранирующей сетки
б) резистор не греется	Обрыв резистора
38 Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах лампы имеют нормальную величину	Расстроен контур или фильтр ПЧ
39 Прием сопровождается «заиканием»	Обрыв резистора развязывающего фильтра АРУ
40 Прием сопровождается свистом	Уменьшение емкости конденсатора развязывающего фильтра в цепи анода лампы
Усилитель ВЧ или ПЧ транзисторного приемника[1]	
41 Приема нет, напряжение на электродах имеет нормальную величину, ток коллектора нормальный	Замыкание в конденсаторе или обмотке первого контура фильтра ПЧ Обрыв или короткое замыкание катушки индуктивности в цепи базы транзистора
42 Приема нет, напряжение на коллекторе равно нулю, нет тока в цепи коллектора	Обрыв первичной обмотки фильтра ПЧ Пробой конденсатора или обрыв резистора развязывающего фильтра в цепи коллектора
43 Прием с пониженной громкостью, напряжения на электродах имеют нормальную величину	Расстроен фильтр ПЧ

[1] Неисправности каскадов усиления ВЧ и ПЧ с емкостной связью см. пп 26—28

Признаки неисправности	Причины неисправности
44 Прием с пониженной громкостью, ток коллектора занижен	Обрыв резистора в цепи базы транзистора
Преобразователь частоты лампового приемника	
45 Приема нет на всех диапазонах, напряжение на аноде лампы смесителя равно нулю	Обрыв катушки фильтра ПЧ, включенной в анодную цепь лампы
46 Приема нет. Напряжение на экранирующей сетке равно нулю	Пробой конденсатора или обрыв резистора в цепи экранирующей сетки лампы
47. Приема нет на всех диапазонах, напряжение на аноде гетеродина при всех положениях переключателя диапазонов равно нулю	Пробой конденсатора или обрыв резистора в цепи анода гетеродина. Если катушки обратной связи гетеродина включены последовательно, возможная причина — обрыв одной из катушек
48 То же, но при одном положении переключателя диапазона	Неисправен переключатель диапазонов или обрыв в катушке обратной связи данного диапазона
49. Приемник не работает только в конце коротковолнового диапазона или на самом коротковолновом растянутом или полурастянутом поддиапазоне	Частичная потеря эмиссии лампы преобразователя частоты
50 Приема нет на всех диапазонах лишь при определенном положении стрелки указателя настройки	Замыкание между подвижными и неподвижными пластинами конденсатора переменной емкости
Преобразователь частоты транзисторного приемника	
51. Приема нет на всех диапазонах, напряжение на коллекторе транзистора преобразователя равно нулю, нет тока в цепи коллектора	Обрыв катушки фильтра ПЧ в цепи коллектора, пробой конденсатора или обрыв резистора развязывающего фильтра цепи коллектора

Признаки неисправности	Причины неисправности
52. Приема нет на всех диапазонах. Напряжения на электродах транзистора имеют нормальную величину, ток коллектора нормальный	Неисправен переключатель диапазонов, обрыв или короткое замыкание в контурной катушке, катушке связи
53. Приема нет на всех диапазонах лишь при определенном положении стрелки указателя настройки	Замыкание между подвижными и неподвижными пластинами конденсатора переменной емкости

18-3. НЕИСПРАВНОСТИ ВХОДНЫХ И ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ (ПРИЕМНИКОВ) ТЕЛЕВИЗОРОВ

Прежде чем начать отыскивать дефекты в телевизоре (см. табл. 18-3), нужно убедиться в исправности антенны и ее фидерной линии.

Проверка антенны и фидерной линии. Ручки регуляторов контрастности и громкости устанавливают в положения максимального усиления (вправо до отказа), и к антенному гнезду телевизора присоединяют отрезок провода, которым поочередно касаются внутреннего и внешнего провода кабеля фидера антенны Если при этом не появится хотя бы едва заметное изображение и слабый звук, то надо искать неисправности в телевизоре.

Проверка канала изображения. Прикасаются отверткой к выводу управляющей сетки первого каскада УПЧ. Если канал изображения исправен, на экране должны появиться светлые точки и черточки, а в громкоговорителе — шумы и треск.

Проверка блоков ПТК и ПТП. Убедившись в исправности антенны и канала изображения, надо поочередно заменить лампы блока ПТК (ПТП), а если это не поможет, то нужно установить, какой из каскадов блока не работает. Для этого вынимают лампу $Л_1$ УВЧ и присоединяют внутренний провод кабеля фидера антенны через конденсатор емкостью 5—10 *пф* к четвертому (в блоках ПТП) или третьему (в блоках ПТК) гнезду панельки этой лампы. Если смеситель работает, то при достаточном уровне сигнала появятся изображение и звук. Прикосновение отверткой к контуру исправного гетеродина вызывает щелчки в громкоговорителе.

В блоке ПТК по схеме на рис. 13-1 наблюдаются случаи выхода из строя резисторов R_{10} (11 *ком*), R_4 (3,9 *ком*) и R_{12} (5,1 *ком*), пробоя конденсаторов C_8 (180 *пф*), C_{16} (6 800 *пф*), C_7 (1 000 *пф*) и C_{18} (6 800 *пф*), а также износа и засорения контактов переключателя.

Проверка УПЧ. Если помехи от прикосновения отверткой к выводу управляющей сетки лампы первого каскада УПЧ на экране

не появляются, но появляются от прикосновения к нагрузке видеодетектора, значит неисправен один из каскадов УПЧ или видеодетектор. Устранение неисправности следует начать с поочередной замены ламп в каскадах УПЧ. Определить неисправный каскад можно измерением режима ламп, а также поочередной проверкой каскадов на появление помех на экране от прикасания отверткой к выводам управляющих сеток ламп этих каскадов.

К числу характерных неисправностей УПЧ относится пробой конденсаторов C_4, C_8, C_{15} (см. рис. 13-6); при этом обычно перегорают резисторы R_6, R_{10}, R_{14} (см. также табл. 18-2, п. 35 и 36). Реже происходит неисправность из-за дефекта полупроводникового диода видеодетектора.

Темные горизонтальные полосы, появляющиеся на экране в такт со звуком, бывают из-за плохого подавления сигналов звукового сопровождения в канале изображения, неправильной настройки гетеродина, чрезмерно большого сигнала на входе телевизора и (значительно реже) воздействия канала звука на канал изображения через источник питания. Последнее происходит из-за высыхания электролитического конденсатора развязывающего фильтра в цепи питания

Таблица 18-3

Характерные неисправности телевизоров

Внешнее проявление неисправности	Возможное местонахождение неисправности
1. Отсутствуют изображение и звук, растр есть	Антенна, блок ПТК (ПТП), УПЧ, видеодетектор
2. Нет приема одной из программ, растр есть; на эту же антенну телевизор раньше принимал все программы	Антенна, блок ПТК (ПТП)
3. Отсутствует растр, звук есть, напряжение на втором аноде кинескопа мало́ или отсутствует. То же, но напряжение на аноде кинескопа нормальное	Генератор строчной развертки, высоковольтный выпрямитель. Кинескоп, видеоусилитель
4. Яркость свечения экрана недостаточна, напряжение на втором аноде кинескопа нормальное. То же, но при вращении ручек «Яркость» и «Контрастность» размер изображения изменяется	Кинескоп, видеоусилитель Генератор строчной развертки

Внешнее проявление неисправности	Возможное местонахождение неисправности
5. Кадры «бегут» по экрану сверху вниз или снизу вверх («изображение неустойчиво по кадрам»), видны два или большее число изображений, расположенных одно над другим; вращением ручки «Частота кадров» перемещение кадра не удается остановить даже на мгновение	Генератор кадровой развертки
То же, но вращением ручки «Частота кадров» изображение на короткое время удается остановить	Амплитудный селектор импульсов синхронизации, интегрирующая цепочка, видеоусилитель
6 На изображении появляются темные полосы в такт со звуком	Антенна, блок ПТК (ПТП), УПЧ, видеоусилитель
7. Нечеткое изображение или недостаточная контрастность	Там же
8. Изображение неустойчиво по горизонтали (по строкам)	Амплитудный селектор импульсов синхронизации, дифференцирующая цепочка
9. На экране несколько изображений или наклонные полосы	Генератор строчной развертки
То же, но вращением ручки «Частота строк» удается на короткое время установить изображение	Амплитудный селектор импульсов синхронизации
10. Хаотическое перемещение по экрану частей изображений	Там же
11. Вместо растра светлая горизонтальная полоса; яркость ее регулируется в широких пределах	Генератор кадровой развертки
То же, но яркость полосы мала и регулируется плохо	Кинескоп
12. Отсутствует звук, слабый или искаженный звук, но изображение нормальное	Канал звука

Внешнее проявление неисправности	Возможное местонахождение неисправности
13. Изображение уменьшено или увеличено по вертикали	Генератор кадровой развертки
14. На изображении выделяются одна или две светлые тонкие горизонтальные линии	Там же
15. Отсутствует растр, в громкоговорителе нет даже слабого фона	Трансформатор питания, выпрямитель
16. На изображении темная горизонтальная полоса, вертикальные линии изображения и края растра искривлены, в громкоговорителе фон	Выпрямитель
То же, но края растра прямые, фон не прослушивается	Видеоусилитель
17. Недостаточный размер изображения по горизонтали; мало́ напряжение на аноде лампы генератора строчной развертки	Выпрямитель, генератор строчной развертки
18. Перекос растра или искажение его формы	Отклоняющая система

анодов ламп УНЧ. При этом переменные составляющие анодных токов этих ламп вызывают падение напряжения на внутреннем сопротивлении выпрямителя. Это падение напряжения накладывается на сигнал изображения в анодных цепях ламп канала изображения, и в результате возникают полосы на экране в такт со звуком.

Проверка видеоусилителя. Отыскание неисправности в видеоусилителе начинают с замены ламп. После этого определяют исправность каскада по появлению на экране помех от прикосновения отвертки к выводу управляющей сетки лампы видеоусилителя. Исправность каскада можно проверить, подавая на управляющую сетку лампы переменное напряжение из цепи накала. Для этого управляющую сетку лампы видеоусилителя надо соединить с проводом накала через конденсатор емкостью 0,1—0,2 *мкф*. Если каскад и кинескоп исправны, то на экране появятся широкие горизонтальные полосы.

Если растр отсутствует, звук есть, напряжение на аноде кинескопа нормальное и при соединении на короткое время катода с модулятором растр появляется, то искать неисправность надо в выходном каскаде видеоусилителя или в цепи потенциометра регулировки яркости.

Когда кадры «бегут» по экрану сверху вниз или снизу вверх и на изображении появляются светлые «хвосты» возле черных элементов, то чаще всего это бывает из-за потери емкости блокирующими конденсаторами в цепях катода и экранирующей сетки лампы видеоусилителя.

Неисправности канала звука можно разделить на три группы: 1) отсутствует звук; 2) искажение звука и посторонний фон; 3) слабый звук. Все эти неисправности относят к каналу звука, при условии что изображение нормальное. Если неисправность канала звука зависит от работы других блоков телевизора или, кроме того, имеются также неисправности в канале изображения или блоке разверток, то прежде всего надо устранить неисправность, не относящуюся к каналу звука.

Возможные причины неисправности УНЧ телевизора такие же, как и в радиоприемнике (см. табл. 18-2, п. 11—14, 16, 20, 22 и 24). Отсутствие звука, кроме того, может быть вызвано плохими контактами в соединительных разъемах. Искажения звука вызываются чаще всего фоном низкой частоты. Когда регулятор громкости установлен на минимум (влево до упора) и фон при этом не исчезает, то причиной его может быть плохая фильтрация выпрямленного напряжения или помеха от генератора кадровой развертки. Последняя возникает из-за высыхания электролитических конденсаторов в развязывающих фильтрах в цепях питания анодов ламп канала звука и генератора кадровой развертки. Если при выведенном регуляторе громкости фон исчезает, а вращение ручки конденсатора настройки гетеродина уменьшает фон незначительно, то надо проверить детали схемы детектора отношений и измерить прямое и обратное сопротивления полупроводниковых диодов. Обратные сопротивления диодов в детекторе должны быть одинаковыми. Одинаковыми должны быть и сопротивления в прямом направлении. Если все элементы исправны, надо подстроить контур детектора отношения, предварительно установив ручку настройки гетеродина блока ПТК (ПТП) в положение, при котором получается изображение с максимальной четкостью и без белых окантовок вокруг темных деталей его. Первым подстраивают контур с катушкой L_{10} (см. рис. 13-9), добиваясь исчезновения фона или получения отчетливо выраженного минимума, а затем контур с катушкой L_9 до получения громкого неискаженного звуковоспроизведения.

Неисправности амплитудного селектора импульсов синхронизации. Когда на экране видны смещенные по горизонтали и наложенные друг на друга изображения или полосы (изображение неустойчиво по строкам), но ручкой «Частота строк» удается на короткое время остановить изображение, неисправность надо искать в амплитудном селекторе импульсов синхронизации. Наиболее вероятными неисправностями являются: неисправность лампы усилителя строчных синхроимпульсов, резистора анодной нагрузки и подключенного к ней переходного конденсатора.

Определение неисправности начинают с замены лампы селекто-

ра и измерения ее режима. Отсутствие или уменьшение напряжения на аноде наблюдается из-за обрыва или изменения сопротивления резистора в анодной цепи (R_6 в схеме на рис. 13-11), пробоя или утечки переходного конденсатора C_1 и пробоя конденсатора C_2 или C_3. Увеличение анодного напряжения происходит из-за обрыва резистора R_5.

18-4. НЕИСПРАВНОСТИ БЛОКОВ РАЗВЕРТОК ТЕЛЕВИЗОРОВ

Изображение неустойчиво по кадрам. Обнаружить неисправный каскад или участок схемы можно прослушиванием кадровых синхроимпульсов в громкоговорителе телевизора. Разомкнув любую цепь лампы блокинг-генератора кадров, нужно через конденсатор емкостью 0,05—0,2 *мкф* поочередно подключать к управляющей сетке лампы УНЧ звука анод лампы амплитудного селектора и точки соединения элементов интегрирующей цепочки и определять на слух прохождение синхроимпульсов. Синхроимпульсы прослушиваются в громкоговорителе как фон с частотой 50 *гц*. Если вращением ручки «Частота кадров» даже на короткое время остановить изображение не удается, то неисправность надо искать в блокинг-генераторе кадровой развертки.

Неисправность генератора строчной развертки. Характерной неисправностью этого генератора и высоковольтного выпрямителя является отсутствие высокого напряжения на аноде кинескопа. При неисправности только высоковольтного выпрямителя при вращении ручки «Частота строк» внутри телевизора (не в громкоговорителе) прослушивается свист, характерный для работающей строчной развертки. Если нить накала высоковольтного кенотрона светится, то это свидетельствует об исправности блока строчной развертки.

В телевизорах с системой автоматической подстройки частоты и фазы генератора строчной развертки характерными неисправностями являются обрыв одного из диодов фазового дискриминатора или отсутствие симметрии диодов по их обратным сопротивлениям, а также обрыв конденсаторов фильтра фазового дискриминатора.

Высоковольтный выпрямитель. Неисправности в нем возникают из-за потери эмиссии высоковольтным кенотроном, перегорания резистора фильтра или пробоя конденсатора фильтра. В последнем случае в кенотроне появляется фиолетовое свечение. Если нить кенотрона не накаливается, то сначала заменяют кенотрон. Затем проверяют цепь накала его, состоящую из накального витка трансформатора ТВС и проволочного резистора R_{16} (см. рис. 13-11).

Если яркость изображения недостаточна, а при попытке увеличить ее изображение увеличивается и расплывается, яркость экрана сильно уменьшается и он совсем перестает светиться, то это свидетельствует о частичной потере эмиссии высоковольтным кенотроном.

Блокинг-генератор и оконечный каскад строчной развертки. Отсутствие накала высоковольтного кенотрона и сильный перегрев лампы оконечного каскада, когда анод ее раскаляется докрасна, могут наблюдаться при неисправности трансформатора ТВС или блокинг-генератора строчной развертки. При этом не слышно характерного свиста в непосредственной близости от телевизора при вращении ручки «Частота строк» и на управляющей сетке лампы оконечного

каскада отрицательное напряжение сильно уменьшается. Убедиться в неисправности ТВС можно только путем замены его исправным. Характерными неисправностями блокинг-генератора являются замыкания и обрывы в обмотках его трансформатора ТБС, неисправности резисторов и конденсаторов в анодной и сеточной цепях.

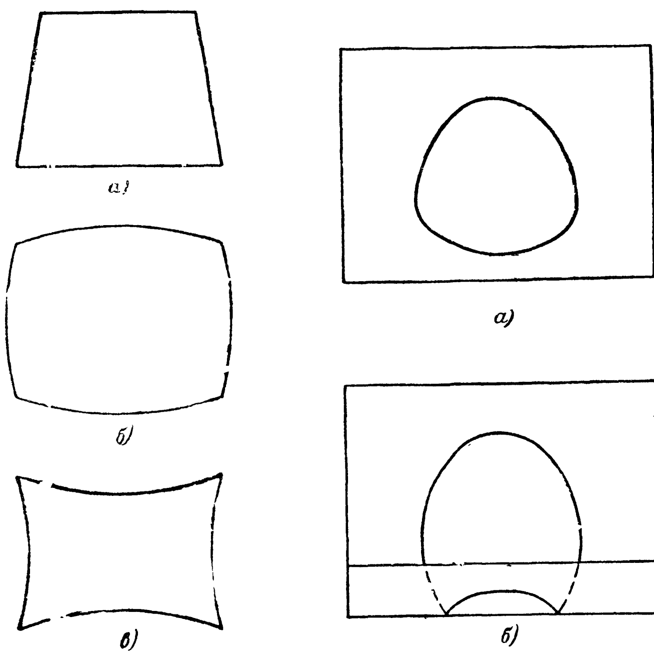


Рис. 18-1. Виды искажений формы изображения на экране кинескопа.

а—«трапеция»; *б*—«бочка»; *в* — «подушка».

Рис. 18-2. Виды искажений изображения на экране кинескопа.

а — изображение «сжато» снизу; *б* — изображение «завернуто» снизу.

При значительном отклонении от нормального значения частоты блокинг-генератора, когда на экране кинескопа наблюдается несколько изображений или наклонные полосы, отыскание и устранение неисправности следует начинать с замены лампы блокинг-генератора и проверки резисторов и конденсаторов в его сеточной и анодной цепях.

Уменьшенный горизонтальный размер изображения может иметь место из-за пониженного напряжения электросети или на выходе выпрямителя питания, а также из-за потери эмиссии лампы демпфера или оконечного каскада генератора строчной развертки.

Короткие светлые полосы (искры) на изображении при шипении в громкоговорителе вызываются пробоем изоляции цепей высокого

напряжения на шасси телевизора, стеканием заряда с заостренных деталей, находящихся под высоким напряжением, а также плохим контактом в этих цепях. Место возникновения пробоя или стекания заряда можно увидеть в темноте.

Перекос растра и затемнение его углов могут быть вызваны неправильной установкой отклоняющей системы. Затемнение краев растра наблюдается также при неправильном положении магнита ионной ловушки. В этом случае отклоняющую систему необходимо придвинуть вплотную к конической части кинескопа и отрегулировать положение магнита ионной ловушки.

Если растр имеет вид «трапеции», «бочки» и «подушки» (рис 18-1), то причиной может быть плохое качество отклоняющей системы. Если эти искажения сильно влияют на качество изображения, то систему надо заменить новой (ремонт ее требует большого опыта).

Неисправности генератора кадровой развертки. Ориентировочно определить неисправность можно прослушиванием частоты кадровой развертки (50 *гц*) в громкоговорителе телевизора. Вынув из панели лампу амплитудного селектора или видеоусилителя, через конденсатор емкостью 0,1—0,2 *мкф* подключают поочередно к среднему выводу регулятора громкости вывод анода лампы блокинг-генератора, а затем выводы управляющей сетки и анод лампы оконечного каскада. Вращая ручку «Частота кадров», надо убедиться в том, что прослушиваются именно колебания кадровой развертки. При вращении этой ручки частота слышимого тона должна меняться. В том месте схемы генератора, где прослушивание прекращается, и находится неисправный каскад или участок схемы.

Блокинг-генератор. На управляющей сетке лампы исправного блокинг-генератора должно быть отрицательное напряжение 25—60 *в*. Если этого нет, надо проверить на обрыв резисторы в анодной и сеточной цепях этой лампы и обмотки трансформатора ТБК.

Когда на экране просматривается несколько мелькающих или наложенных друг на друга и смещенных по вертикали изображений и не удается получить нормальное изображение, вращая ручку «Частота кадров», это свидетельствует о том, что неисправна лампа блокинг-генератора, либо конденсатор и резистор в ее сеточной цепи, либо трансформатор ТБК.

Оконечный каскад. При неисправностях в этом каскаде на экране вместо растра может появиться светлая горизонтальная полоса. Проверить исправность оконечного каскада и отклоняющей системы можно, подав сначала на управляющую сетку, а затем на анод лампы этого каскада через конденсатор емкостью 0,2—1,0 *мкф* переменное напряжение из цепи накала. Для этого один вывод конденсатора соединяют с цепью накала, а второй — с выводом анода или сетки лампы. Если полоса расширится и на экране появится некоторое подобие растра, то оконечный каскад и отклоняющая система исправны.

Часто встречающиеся неисправности: 1) дефект выходной лампы; 2) обрыв или пробой первичной обмотки трансформатора ТВК на вторичную; 3) пробой конденсатора, подключенного к первичной обмотке трансформатора ТВК; 4) обрыв резистора в цепи катода лампы оконечного каскада; 5) пробой панели лампы 6П14П между гнездами 6 и 7 (или между гнездами 5 и 6); 6) пробой изоляции в регуляторе линейности; 7) обрыв в кадровой отклоняющей катушке.

Если изображение сжато или «завернуто» снизу (рис. 18-2), то причинами такого дефекта могут быть: 1) неисправность лампы оконечного каскада генератора кадровой развертки; 2) неисправность конденсаторов, подключенных к анодной цепи блокинг-генератора кадров; 3) неисправность выпрямителя смещения; 4) высыхание электролитических конденсаторов в цепи катода или экранирующей сетки лампы оконечного каскада генератора.

Если мал вертикальный размер изображения и приемлемую линейность можно получить при значительном уменьшении его высоты, то произошло замыкание между витками трансформатора ТВК. Когда изображение растянуто по вертикали и с помощью регуляторов не удается установить нормальную высоту его, значит изменилось сопротивление резистора в цепи обратной связи с анода на управляющую сетку лампы оконечного каскада.

18-5. НЕИСПРАВНОСТИ КИНЕСКОПОВ

Прежде чем принять решение о необходимости замены кинескопа, нужно самым тщательным образом убедиться в том, что он действительно неисправен. Если же уверенности в этом нет, то лучше проверку кинескопа поручить специалистам телевизионного ателье или специализированного магазина, в распоряжении которых для этой цели имеются специальные испытательные стенды.

Когда экран не светится, надо убедиться в том, что на аноде кинескопа есть необходимое напряжение. В наличии напряжения можно убедиться по искре от стекания электростатических разрядов с вывода анода на отвертку с ручкой из высококачественного изоляционного материала (пластмасса, эбонит, текстолит), приближаемой к аноду кинескопа. Отвертка не должна касаться шасси, так как это может вывести из строя высоковольтный кенотрон. Нужно держать отвертку рукой за среднюю часть ее ручки и ни в коем случае не касаться металлических деталей отвертки во избежание опасного удара током высокого напряжения. Далее, проверяется режим на катоде, модуляторе и ускоряющем электроде кинескопа.

Убедившись в правильности режима, надо вынуть из панели лампу оконечного каскада кадровой развертки. При этом на экране будет видна горизонтальная полоса (ее можно заметить даже при значительной потере эмиссии кинескопом). При частичной потере эмиссии или неправильной установке магнита ионной ловушки яркость свечения после длительного прогрева увеличивается.

При обрыве вывода катода совсем не регулируется яркость изображения, на экране видна только часть растра в виде одной или двух широких горизонтальных полос, не имеющих резких очертаний, и неисправность появляется мгновенно. В отличие от неисправностей в кадровой развертке, когда мал вертикальный размер изображения, при обрыве вывода катода часть изображения как бы «закрыта шторкой». При соединении на цоколе вывода катода с выводом нити накала экран засветится полностью и иногда удается получить вполне приемлемое изображение.

При отсутствии высокого напряжения на аноде кинескопа и исправной цепи накала высоковольтного кенотрона проверяют отклоняющую систему. Если она неисправна, то при отключении ее разъема должно появиться высокое напряжение на аноде кинескопа.

Пробой строчных катушек отклоняющей системы на кадровые катушки или корпус приводит к перекалу анода демпферной лампы ($Л_4$ на рис. 13-11), а иногда к выходу из строя диодов в выпрямителе из-за чрезмерного увеличения потребляемого тока.

18-6. НЕИСПРАВНОСТИ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

Неисправности в системе питания телевизора обнаруживают, как описано в § 18-2. Если при включении телевизора выходят из строя предохранители, то это может происходить из-за замыканий в какой-либо выходной или демпферной лампе, из-за пробоя диодов и электролитических конденсаторов в выпрямителе питания, из-за межвитковых замыканий и пробоя изоляции в трансформаторе питания и выходных трансформаторах блока развертки и канала звука.

Если при отключенной антенне экран светится неравномерно, на нем видна темная горизонтальная полоса, края растра искривлены и в громкоговорителе прослушивается фон, то причиной этих неисправностей может быть потеря емкости электролитического конденсатора фильтра, обрыв диода в двухполупериодном выпрямителе или междувитковое замыкание в дросселе фильтра. Если у конденсатора уменьшилась емкость, то подключение параллельно ему исправного конденсатора устраняет фон и улучшает изображение.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ НА УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛНАХ

РАЗДЕЛ 19

УКВ ПРИЕМНИКИ И КОНВЕРТЕРЫ

19-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

С чего начинать? Для связи на УКВ радиолюбителям выделены 10-метровый, 2-метровый и 70-сантиметровый диапазоны (см. табл. 1-1 на стр. 34). В основном для связи на этих диапазонах радиолюбители применяют телефонию с амплитудной модуляцией, осуществляя радиотелеграфом дальние и сверхдальние связи. Они начинают использовать и ЧМ телефонную связь. Кроме того, радиолюбители-ультракоротковолновики принимают телеметрические, метеорологические и другие радиосигналы от искусственных спутников Земли на выделенных для их работы диапазонах 136—138, 143,6—149,65 *Мгц* и др.

Радиолюбителям-ультракоротковолновикам лучше всего начинать работу в области освоения УКВ с изготовления приемной аппаратуры на 10- или 2-метровый диапазон. К постройке УКВ передатчика (см. разд. 20 Справочника) можно приступать после того, как хорошо освоен прием на УКВ и получено разрешение органов Министерства связи.

Освоение 10-метрового диапазона начинающими радиолюбителями облегчается тем, что здесь применима обычная практика конструирования приемников и передатчиков, в то время как для 2-метровой и 70-сантиметровой аппаратуры требуются специальные методы и приемы конструирования.

Недостатком антенн 10-метрового диапазона является большая громоздкость их; размеры их значительно больше по сравнению с антеннами 2-метрового и 70-сантиметрового диапазонов (см. § 22-10—22-13). В полевых условиях это особенно неудобно.

На 70-сантиметровый диапазон следует переходить после того, как накоплен достаточный опыт работы на УКВ, так как конструирование и налаживание 70-сантиметровой аппаратуры значительно сложнее.

Применяемая приемная аппаратура. Для связи на УКВ радиолюбители применяют как приемники прямого усиления, так и супергетеродины (см. § 3-2). Наиболее простыми в изготовлении, налаживании и в то же время весьма чувствительными и достаточно устой-

чивыми в работе УКВ приемниками являются сверхрегенераторы — приемники прямого усиления со сверхрегенеративными детекторами.

УКВ супергетеродины обеспечивают более устойчивый прием и могут быть сделаны более чувствительными по сравнению со сверхрегенераторами. Однако УКВ супергетеродины вследствие своей сложности мало доступны для изготовления и налаживания начинающими радиолюбителями. Им можно рекомендовать использование принципа супергетеродинного приема на УКВ путем изготовления конвертеров — приставок к радиовещательным приемникам заводского производства.

19-2. ПРИНЦИП СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРИЕМА

Сверхрегенератором (суперрегенератором) называют приемник с регенеративным детектором (см. § 7-2), в цепи управляющей сетки лампы которого, помимо напряжения с частотой принимаемого сигнала, постоянно действует напряжение вспомогательной частоты порядка 30—100 *кгц*. Это напряжение вырабатывается в приемнике либо отдельным ламповым генератором, либо самой детекторной лампой.

Напряжение вспомогательной частоты изменяет положение рабочей точки на характеристике лампы, а вместе с тем и крутизну характеристики в рабочей точке. При этом соответственно изменяется и эффект обратной связи, так как изменяется количество энергии, поступающей благодаря обратной связи из анодной цепи лампы в резонансный контур, соединенный с цепью ее управляющей сетки. Когда крутизна характеристики велика и поступающая энергия превышает потери в резонансном контуре, амплитуды ВЧ колебаний в нем начинают увеличиваться. В другую часть периода колебания вспомогательной частоты, когда крутизна характеристики, а вместе с нею и эффект обратной связи уменьшаются, колебания будут затухать (их амплитуды будут уменьшаться). Таким образом, в течение каждого периода колебания вспомогательной частоты высокочастотные колебания в резонансном контуре сначала нарастают, а затем затухают. Чем больше амплитуда принимаемого сигнала, тем больше амплитуда, до которой нарастают колебания в резонансном контуре, и тем большее напряжение НЧ получается на нагрузке детектора.

Преимущество сверхрегенератора по сравнению с обычным регенератором заключается в следующем: последний дает большое усиление при условии, что прием осуществляется «на пороге генерации» (см. § 7-2). Однако такой режим весьма неустойчив: при незначительном изменении крутизны характеристики лампы, которое может быть вызвано хотя бы малозаметным изменением напряжения питания радиоприемника, в нем возникают собственные колебания. В сверхрегенераторе же режим лампы изменяется периодически со вспомогательной частотой и небольшие случайные изменения его не сказываются на работе приемника. Благодаря этому в сверхрегенераторе можно достигнуть примерно такой же чувствительности, какая получается в обычном регенераторе на самом пороге генерации. Однако для этого режим работы сверхрегенеративного детектора необходимо предварительно тщательно отрегулировать.

Необходимо заметить, что сверхрегенераторы, как вообще все регенераторы, излучают через свои приемные антенны помехи в весьма широком диапазоне частот, что совершенно недопустимо. Излучение таких помех можно ослабить, если применить в приемнике каскад УВЧ, предотвращающий проникновение колебаний из контура сверхрегенеративного детектора в приемную антенну.

19-3. СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПРИЕМНИК НА 10-МЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН

Первый каскад с пентодом 6Ж1П является усилителем ВЧ; левая половина двойного триода 6Н3П работает в сверхрегенеративном детекторе, а правая — в генераторе вспомогательной частоты 40—100 *кгц* (рис. 19-1). С уменьшением частоты вспомогательных коле-

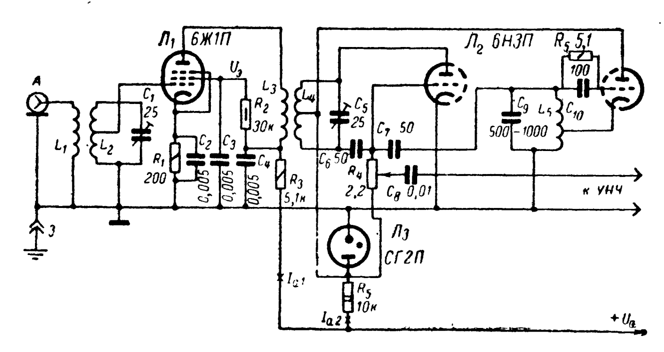


Рис. 19-1. Схема сверхрегенеративного приемника на 10-метровый диапазон.

баний чувствительность и избирательность приемника увеличиваются. Оптимальная амплитуда этих колебаний — около 3 *в*. Каскады УНЧ могут быть выполнены по схемам из разд. 9 и 10 Справочника. Стабилитрон СГ2П улучшает стабильность генерируемой частоты. Однако применение этой лампы не обязательно.

Напряжение анодного питания приемника $U_а = 170 \div 200$ *в*. При этом $U_э = 120 \div 150$ *в*; $I_{а1} = 9 \div 10$ *ма* и $I_{а2} = 12 \div 15$ *ма*.

Катушки намотаны на каркасах диаметром 11 *мм*, длина намотки 10 *мм*. L_1 имеет 4 витка ПЭЛШО 0,2, намотанных между витками L_2 у заземленного конца ее, L_2 — 13 витков ПЭЛ 0,45, отвод от 9-го витка, считая от заземленного конца, L_4 — 12 витков ПЭЛ 0,45, отвод от 5-го витка, катушка L_3 — 8 витков ПЭЛШ, намотанных на перемещающейся над обмоткой катушки L_4 гильзе из пропитанной полистироловым лаком бумаги. Положение катушки L_3 относительно L_4 устанавливается при налаживании приемника с учетом получения максимальной чувствительности приемника. Катушка L_5 намотана внавал на каркасе диаметром 7,5 *мм* проводом ПЭЛ 0,11. При длине намотки 7 *мм* требуется 820 витков, отвод от 150-го витка, считая от соединенного с шасси конца катушки.

19-4. СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПРИЕМНИК НА 2-МЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН

В каскаде УВЧ применен пентод 6Ж1П, в детекторе — триод 6С1П (рис. 19-2). Колебания вспомогательной частоты генерируются тем же триодом. Усиление, даваемое приемником, зависит от тщательности налаживания его, которое заключается в основном в сближении или удалении друг от друга катушек L_2 и L_3 и выборе наивыгоднейшего напряжения анодного питания лампы 6С1П потенциометром R_5.

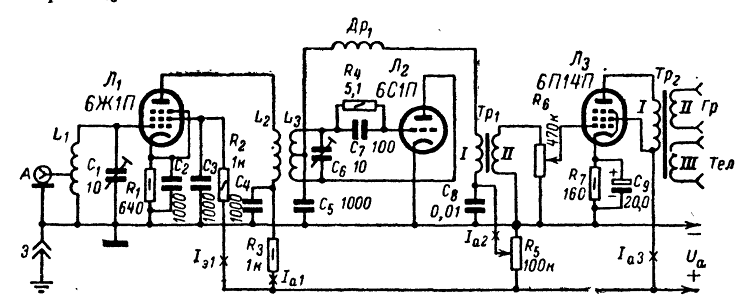


Рис. 19-2. Схема сверхрегенеративного приемника на 2-метровый диапазон.

Напряжение анодного питания приемника $U_a = 140 \div 160$ *в*; общий ток цепей анода и экранирующих сеток 60 *ма*. При этом $I_{a1} = 6 \div 7$ *ма*; $I_{a2} = 3 \div 4$ *ма*; $I_{a3} = 45 \div 50$ *ма*; $I_{э1} \approx 2$ *ма*.

Данные катушек. L_1 имеет 4 витка ПЭЛ $1{,}0 \div 1{,}2$, вывод от 1,5-го витка; L_3 — 4 витка ПЭЛ $1{,}0 \div 1{,}2$, отвод от 2-го витка, считая от заземленного конца катушек, L_2 — 3—4 витка ПЭЛ 1,0. Все катушки бескаркасные, внутренний диаметр 9 *мм*, длина намотки 9—10 *мм*. Дроссель $Др_1$ имеет 25—30 витков ПЭЛ 0,35 на каркасе диаметром 6—8 *мм* из любого изоляционного материала.

Трансформатор $Тр_1$: сердечник Ш 20×20, обмотка *I* — 2 200 витков ПЭЛ 0,1, обмотка *II* — 6 600 витков ПЭЛ 0,1 или ПЭЛ 0,08.

Выходной трансформатор $Тр_2$. Сердечник Ш20×25, обмотка *I* — 2 250 витков ПЭЛ 0,16, обмотка *II* — 75 витков ПЭЛ 0,6, обмотка *III* — 1 100 витков ПЭЛ 0,1.

19-5. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОНВЕРТЕРА

Конвертер состоит из входного устройства, настраиваемого на диапазон УКВ, усилителя ВЧ и преобразователя частоты. Выход конвертера соединяется с помощью короткого отрезка коаксиального кабеля со входом любого радиовещательного приемника. В последнем осуществляется дальнейшее усиление сигнала. Если этот приемник выполнен по супергетеродинной схеме, получается устройство с двойным преобразованием частоты.

На выходе конвертера получается сигнал с частотой, находящейся в пределах одного из радиовещательных диапазонов. Частота, на которую должен быть настроен приемник, некритична, но для уменьшения зеркальных помех (см. § 3-3) она должна быть примерно в 10—20 раз ниже частоты принимаемого УКВ сигнала. При приеме на 2-метровом диапазоне радиовещательный приемник следует настраивать на 25-, 31- или 41-метровый диапазон, а при приеме на 10-метровом диапазоне — на волну, находящуюся в конце СВ диапазона (около 550 *м*).

В преобразователе частоты приемника сигнал преобразуется в стандартную промежуточную частоту (465 *кгц*), усиливается на этой частоте, а затем детектируется.

Важным достоинством приема с конвертером являются очень высокая чувствительность (достигает 1 *мкв*) и исключительно хорошая избирательность системы не только по соседнему, но и по зеркальному каналу, что очень трудно осуществить в обычном супергетеродине.

19-6. КОНВЕРТЕР ДЛЯ РАДИОТЕЛЕФОННОГО ПРИЕМА НА 10-МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

В этом конвертере (рис. 19-3) пентод 6Ж5П работает в усилителе ВЧ, двойной триод 6Н3П — в гетеродине и двойной триод 6Н15П в смесителе.

Входной контур L_2C_1 и промежуточный контур L_4C_5 настраиваются блоком конденсаторов переменной емкости C_1C_5 на среднюю ча-

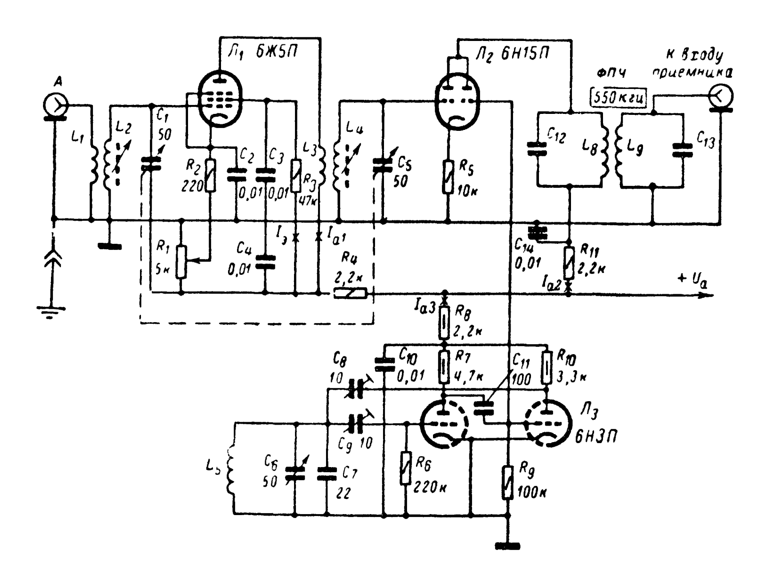


Рис. 19-3. Схема конвертера на 10-метровый диапазон.

стоту диапазона. Точная настройка осуществляется изменением емкости конденсатора C_6 в контуре гетеродина.

В анодную цепь смесительной лампы включен полосовой фильтр ФПЧ от радиовещательного приемника. Этот фильтр необходимо перестроить со стандартной частоты 465 *кгц* на частоту 540—550 *кгц* вывертыванием его ферромагнитных сердечников.

Выход конвертера через кусок коаксиального кабеля подключается ко входу радиовещательного приемника, а последний настраивается на частоту 540—550 *кгц*, которая и является первой промежуточной частотой (длина волны около 550 *м*). Напряжение анодного питания конвертера $U_a \approx 200$ *в*. Анодные токи: $I_a = 5—15$ *ма*, $I_{a2} = 5—6$ *ма*. Ток $I_э = 2—4$ *ма*.

Катушки имеют однослойную намотку: L_1—L_4 намотаны проводом ПЭЛ 0,25 на каркасах диаметром 10 *мм*; L_1 — 6 витков, длина намотки 2 *мм*; L_2 и L_4 — по 50 витков, намотка виток к витку, длина намотки 14 *мм*; L_3 — 10 витков, длина намотки около 3 *мм*. Катушки L_1 и L_3 расположены на общих каркасах с катушками L_2 и L_4 соответственно и намотаны вплотную к заземленным концам последних.

Катушка L_5 намотана проводом ПЭЛ 0,5 на каркасе диаметром 30 *мм*; число витков 38, длина намотки 37 *мм*.

19-7. КОНВЕРТЕР ДЛЯ РАДИОТЕЛЕФОННОГО ПРИЕМА НА 2-МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Триод типа 6С2П работает в каскаде усиления ВЧ (рис. 19-4). Во избежание возникновения положительной обратной связи через проходную емкость лампы и как следствие самовозбуждения этого каскада осуществляется нейтрализация этой емкости. Изменением положения сердечника катушки L_3 добиваются равенства индуктивного сопротивления ее емкостному сопротивлению проходной емкости триода. При выполнении этого условия каскад окажется нейтрализованным и возможность самовозбуждения будет исключена.

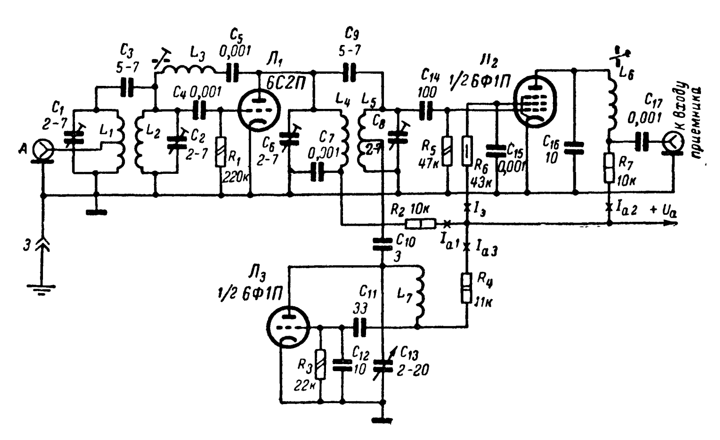


Рис 19-4. Схема конвертера на 2-метровый диапазон.

Двухконтурные полосовые фильтры применены как на входе, так и на выходе каскада УВЧ, что увеличивает предварительную избирательность конвертера. Контуры настраиваются на среднюю частоту 2-метрового диапазона с помощью керамических подстроечных конденсаторов C_1, C_2, C_6 и C_8 типа КПКТ или КПК.

В преобразователе частоты работает триод-пентод 6Ф1П: триодная часть использована в гетеродине, а пентодная — в смесителе. В гетеродине применена трехточечная схема с емкостной связью. Контур его настраивается на частоту, меньшую частоты входного сигнала, с помощью конденсатора переменной емкости C_{13}.

Анодная цепь смесителя настраивается ферромагнитным сердечником катушки L_6 на частоту 13—18 *Мгц*, соответствующую частоте настройки входной цепи радиоприемника, к которому подсоединяют конвертер.

Выход конвертера с входом приемника соединяют куском коаксиального кабеля длиной 20—30 *см*.

Напряжение анодного питания конвертера $U_а \approx 250$ *в*; при этом $I_{а1} = 5 \div 6$ *ма*; $I_{а2} = 7 \div 8$ *ма*; $I_{а3} = 6$ *ма*; $I_э = 3$ *ма* (общий ток 21—23 *ма*).

Катушки L_1, L_2, L_4, L_5 и L_7 бескаркасные из посеребренного провода диаметром 1 *мм*; внутренний диаметр намотки 6,5 *мм*. L_1 имеет 6,5 витка с отводом от $2^1/_2$-го витка, длина намотки 13 *мм*, L_2 — 6 витков, длина намотки 13 *мм*, L_4 — 6,5 витка, длина намотки 16 *мм*, L_5 — 5 витков с отводом от 2-го витка, длина намотки 13 *мм*, L_7 — 6,5 витка, длина намотки регулируется в процессе налаживания в пределах 13—17 *мм*. Катушки L_1, L_2, а также L_4, L_5 располагаются попарно параллельно, расстояние между осями каждой пары катушек 10—11 *мм*.

Катушки L_3 и L_6 наматывают на полистироловые каркасы с ферромагнитными сердечниками типа СЦР-1; наружный диаметр каркасов 7,5 *мм*. L_3 имеет 5 витков, плотно намотанных из провода ПЭЛ 0,32, L_6 — 16 витков намотанных плотно, виток к витку провода ПЭЛ 0,2.

РАЗДЕЛ 20

УКВ ПЕРЕДАТЧИКИ

20-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Простейший радиолюбительский УКВ передатчик состоит из генератора ВЧ, который непосредственно вырабатывает незатухающие колебания с частотой, находящейся в пределах рабочего диапазона: 28,0—29,7 *Мгц* для 10-метрового диапазона или 144—146 *Мгц* для 2-метрового диапазона. Энергия токов ВЧ, вырабатываемая этим генератором, прямо поступает в антенну. Для осуществления радиотелефонной передачи к генератору добавляется модулятор, который по существу представляет собой усилитель НЧ с достаточно большой выходной мощностью. Первым передатчиком начинающего радиолюбителя может быть передатчик именно по такой схеме. Однако частота, а значит, и длина волны такого передатчика, особенно при

радиотелефонной работе, очень нестабильна (непостоянна). Она изменяется во времени, что затрудняет прием сигналов передатчика. При большой нестабильности прием становится вовсе невозможным.

Кварцевая стабилизация. Наиболее стабильную частоту передатчика можно получить, применяя в нем кварцевый резонатор (часто его называют сокращенно «кварц») Такой передатчик называют передатчиком с кварцевой стабилизацией Он может работать только на одной, строго определенной частоте, в целое число раз большей частоты кварцевого резонатора Чтобы перейти на работу на другой, не кратной ей частоте, нужно кварцевый резонатор заменить.

Многокаскадный передатчик. Лучшими передатчиками являются многокаскадные: незатухающие колебания вырабатываются каскадом, который называется задающим генератором (обычно он имеет кварцевую стабилизацию), а затем усиливаются одним-двумя или бо́льшим числом каскадов. Последний каскад передатчика, отдающий энергию колебаний ВЧ в антенну, называется оконечным каскадом или мощным усилителем.

Задающий генератор, как правило, вырабатывает колебания с частотой в целое число раз меньше рабочей частоты передатчика. Это облегчает получение стабильности последней.

Умножение частоты. Так называют процесс увеличения частоты колебаний. Соответственно применяют термины удвоение, утроение частоты и т. д. Умножение частоты можно получить, как в однокаскадном передатчике, в задающем генераторе многокаскадного передатчика и следующих за ним каскадах одновременно с усилением В некоторых передатчиках в режиме удвоения частоты работает и оконечный каскад.

Поясним сущность умножения частоты на примере. В передатчике 10-метрового диапазона с рабочей частотой 28 *Мгц* можно использовать кварцевый резонатор с собственной частотой колебаний 7 *Мгц*, применив учетверение частоты ($7 \times 4 = 28$ *Мгц*). При этом возможны следующие варианты:

1. Однокаскадный передатчик, анодный контур которого, связанный с антенной, настроен на рабочую частоту 28 *Мгц* (на четвертую гармонику частоты кварца); мы сразу получаем учетверение частоты.

2 Двухкаскадный передатчик, состоящий из задающего генератора и оконечного каскада. Колебания от задающего генератора с частотой 7 *Мгц* поступают в цепь управляющей сетки лампы оконечного каскада Анодный контур последнего, связанный с антенной, настроен на рабочую частоту передатчика 28 *Мгц*, т е. и здесь мы сразу получаем учетверение частоты

3 Трехкаскадный передатчик, состоящий из задающего генератора, промежуточного каскада и оконечного каскада В этом случае колебания от задающего генератора с частотой 7 *Мгц* поступают в цепь сетки лампы промежуточного каскада Его анодный контур настроен на вторую гармонику: на частоту 14 *Мгц*, т. е. в промежуточном каскаде осуществляется удвоение частоты Анодный контур оконечного каскада настроен на четвертую гармонику частоты кварцевого резонатора: на 28 *Мгц*, т. е. в оконечном каскаде происходит повторное удвоение частоты.

Амплитудная модуляция многокаскадного передатчика при радиотелефонировании, как правило, осуществляется в оконечном каскаде, т. е. амплитуды колебаний в контурах задающего генератора

и промежуточных каскадов (если они есть в схеме передатчика) во время работы передатчика радиотелефоном не изменяются.

Выходная мощность передатчика для радиолюбительской связи на УКВ, т. е. мощность ВЧ колебаний в его антенне, не должна превышать 5 *вт*. Передатчики по всем описанным ниже в Справочнике схемам удовлетворяют этому требованию.

Применяемые лампы. В задающих генераторах и каскадах умножения частоты можно использовать обычные приемно-усилительные лампы, например триоды 6С1П, 6С2П, двойные триоды 6Н3П, 6Н14П, 6Н15П, пентоды 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж5П. В выходных каскадах следует использовать пентоды 6П1П, 6П14П, 6П15П, двойные триоды 6Н15П, а также специальный генераторный двойной пентод ГУ-32.

В умножительных каскадах пентоды дают большее усиление мощности, чем триоды.

Источники электропитания. В описываемых ниже схемах УКВ передатчиков подробные данные применяемых источников питания не приводятся. Подразумевается, что могут быть применены источники питания, описанные в ч. 8 Справочника.

20-2. СХЕМЫ ЗАДАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Схемы задающих генераторов с самовозбуждением можно рекомендовать только для малогабаритных переносных передатчиков, применяемых в полевых условиях, а также для первых конструкций начинающих радиолюбителей.

Трехточечная схема с емкостной связью (рис. 20-1, *а*). Контур L_1C_1 настроен для лучшей устойчивости частоты на частоту, более низкую, чем рабочая частота. Индуктивность дросселей $Др_1$ и $Др_2$ должна быть в 15—20 раз больше индуктивности катушки контура L_1. Конструктивные данные этих дросселей приведены ниже в описаниях передатчиков. Правая обкладка конденсатора C_4 на этой

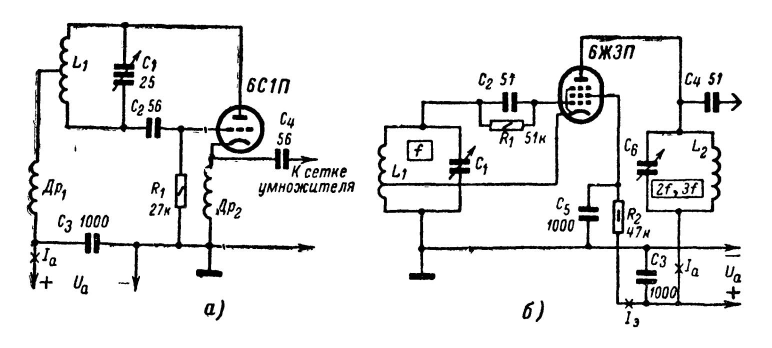


Рис. 20-1. Схемы простых задающих генераторов.

а — емкостная трехточечная; *б* — индуктивная трехточечная с электронной связью на умножительный каскад.

схеме соединяется с управляющей сеткой лампы следующего каскада передатчика, как и во всех следующих схемах задающих генераторов.

Напряжение питания схемы $U_а = 100 \div 120$ *в*; при этом анодный ток $I_а = 3 \div 5$ *ма* при генерации колебаний и $I_а = 15$ *ма* при срыве колебаний.

Схема с электронной связью (рис. 20-1, *б*). Управляющая и экранирующая сетки пентода используются в генераторе по трехточечной схеме с индуктивной связью (роль анода играет экранирующая сетка), контур генератора L_1C_1 настроен на частоту ниже рабочей, а контур L_2C_6 — на частоту, в 2—3 раза более высокую, чем контур L_1C_1.

Напряжение питания схемы $U_а = 150$ *в*; при этом $I_а = 6 \div 10$ *ма* и $I_э \approx 2$ *ма*.

20-3. СХЕМЫ ЗАДАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ

Простейший кварцевый генератор может быть выполнен по схеме на рис. 20-2, *а*. Схема по рис. 2-2, *б* состоит из кварцевого генератора с контуром L_1C_1, настроенным на частоту примерно в 1,5 раза

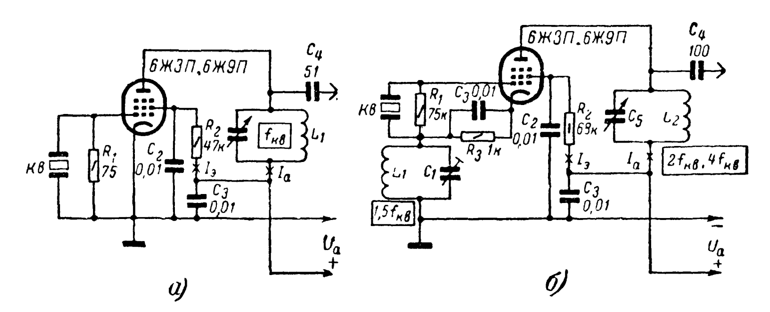


Рис. 20-2. Схемы задающих генераторов с кварцевой стабилизацией.

а — с анодным контуром, настроенным на частоту кварцевого резонатора; *б* — дающий на выходе колебания с удвоенной или учетверенной частотой кварцевого резонатора.

выше основной частоты кварца, и электронно с ним связанным умножителем частоты, контур которого L_2C_5 настраивают на одну из четных гармоник (например, вторую или четвертую).

Кварцевые генераторы по регенеративным схемам. В этих схемах генерация высших гармоник поддерживается регулировкой обратной связи между выходным контуром и цепью кварца.

В схеме по рис. 20-3, *а* контур L_1C_1 настраивают на желаемую гармонику, частота которой в 2—5 раз выше частоты кварца, а обратную связь с выходом регулируют изменением емкости конденсатора C_5.

В схеме по рис. 20-3, *б* контур настраивается также на одну из гармонических частот, на которой колебания поддерживаются обратной связью через междуэлектродные емкости пентода.

На рис. 20-3, *в* представлена схема, в которой левый триод работает регенеративным утроителем частоты, т. е. контур L_1C_1 настроен на третью гармонику частоты кварца, а обратная связь осуществляется индуктивно катушкой L_2. Величину обратной связи необходимо регулировать тщательно, так же как и в схеме по рис. 20-3, *а*, так как при слишком слабой связи амплитуда гармоник

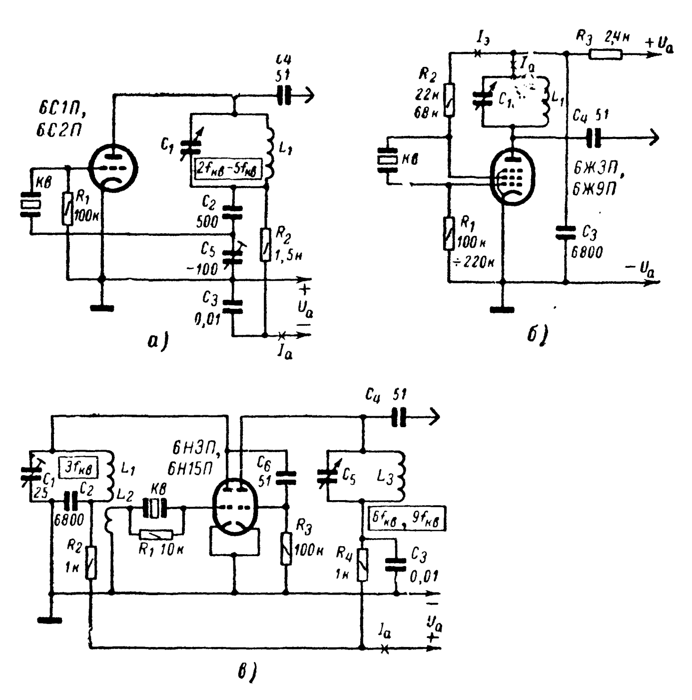


Рис. 20-3. Регенеративные схемы задающих генераторов с кварцевой стабилизацией и умножением частоты.

окажется слишком малой, а при чересчур сильной связи могут возникнуть неконтролируемые кварцем колебания. Правый триод может работать либо удвоителем на шестой гармонике, либо утроителем на девятой гармонике кварца. Схема позволяет, таким образом, осуществить 6-кратное или 9-кратное умножение частоты на одном двойном триоде. Применяя подобные схемы, можно уменьшить число ламп в передатчике и улучшить экономичность его. Для питания генераторов требуются источники с напряжением $U_a = 120 \div 150$ *в*. Токи, потребляемые от этих источников при лампе 6Ж3П: $I_а = 6 \div 10$ *ма*; $I_э = 2$ *ма*; при лампе 6Ж9П: $I_а = 7 \div 12$ *ма*; $I_э = 4$ *ма*; при лампе 6С2П: $I_а = 3 \div 10$ *ма*; при лампе 6Н3П: $I_а = 10$—12 *ма* и при лампе 6Н14П: $I_а = 12$—16 *ма*.

Выбор кварцевых резонаторов. В передатчиках на 10-метровый диапазон рекомендуется применять кварцевые резонаторы с часто-

тами 9,333—9,5; 7,0—7,125; 4,666—4,7 или 3,111—3,133 *Мгц*. В первом случае в передатчике осуществляют утроение частоты, во втором — учетверение, в третьем — умножение по схеме 3×2 или 2×3 и в четвертом — по схеме 3×3.

Для передатчиков на 2-метровый диапазон подходящими являются кварцевые резонаторы с частотами 8,000—8,111 и 12,000—12,166 *Мгц*. В первом случае умножение частоты следует производить по схеме 3×3×2, а во втором случае — 3×2×2 или 4×3.

20-4. ПРОСТОЙ ПЕРЕДАТЧИК НА 10-МЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН

Передатчик имеет выходную мощность около 2 *вт*. Его высокочастотная часть содержит одну лампу — пентод 6П14П (рис. 20-4,*а*). Для уменьшения нестабильности частоты применены кварцевая стабилизация и утроение частоты.

Следует подобрать кварцевый резонатор для работы телефоном с частотой 9,4—9,5 *Мгц* (третья гармоника его в диапазоне 28,2—28,5 *Мгц*). Если предвидится работа телеграфом, то необходимо приобретать также кварц на частоту 9,333—9,4 *Мгц* (третья гармоника 28,0—28,2 *Мгц*).

Контур L_1C_2 настраивается на частоту, примерно в 2 раза более низкую по сравнению с основной частотой кварца (около 4,7 *Мгц*). Анодный контур L_2C_5 настраивается конденсатором переменной емкости C_5 на третью гармонику кварца. Катушку L_1 (индуктивность ее 7,65 *мгн*) можно выполнить однослойной с намоткой виток к витку на каркасе диаметром 6,5—10 *мм* из керамики, полистирола или какого-либо другого диэлектрика.

Катушка L_2 имеет 7 витков ПЭЛ 1,6 ÷ 1,8 *мм*. Она намотана на каркасе диаметром 25 *мм* из стеатита, полистирола или другого какого-либо хорошего диэлектрика. Расстояние между витками — около 2 *мм* (устанавливается окончательно при налаживании передатчика).

На нижний по схеме конец катушки L_2 наматывается катушка антенной связи L_3, которая состоит из двух витков гибкого монтажного провода в полихлорвиниловой изоляции, имеющего общий диаметр токопроводящей жилы 1,5—2 *мм*.

Модулятор на пентодах 6Ж3П и 6П14П развивает выходную мощность около 4 *вт*, обеспечивающую достаточно глубокую модуляцию одновременно на анод и экранирующую сетку генераторной лампы. Модулятор рассчитан для работы с угольного микрофона, для чего требуются микрофонный трансформатор $Тр_1$ и батарея *Б* (рис. 20-4, *б*). Включение батареи производяг выключателем. Микрофонный трансформатор собран на сердечнике Ш12×12 из пластин электротехнической стали, обмотка *I* — 143 витка ПЭЛ 0,18, обмотка *II* — 10 000 витков ПЭЛ 0,06. Предварительное усиление модулятора недостаточно для работы от динамического микрофона. Если же это требуется, то следует включить еще один дополнительный каскад усиления (рис. 20-4, *в*). Анодное напряжение на его лампу $Л_4$ подают через резистор R_{10}, гнездо (рис. 20-4, *а*) и резистор R_{14}. Экранированный штепсель усилителя включают в гнездо *М*.

Модуляционный трансформатор *Тр*: сердечник Ш19×28 из пластин электротехнической стали; обмотка *I* — 3 000 витков ПЭЛ 0,18, обмотка *II* — 3 900 витков ПЭЛ 0,18. При монтаже

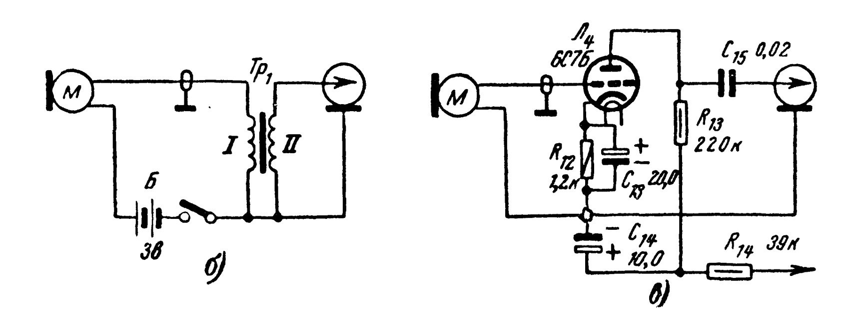


Рис. 20-4. Схема простого передатчика на 10-метровый диапазон.

а — основная схема; *б* — схема включения угольного микрофона; *в* — схема включения динамического микрофона с дополнительным каскадом усиления.

следует обратить внимание на правильное подключение выводов обмоток, для того чтобы постоянные слагающие магнитных потоков в сердечнике, создаваемые анодными токами ламп $Л_1$ и $Л_3$, взаимно ослаблялись. На схеме по рис. 20-4, *а* порядок включения начал и концов обмоток (отмечены *Н* и *К* соответственно) показан для условия, что направление намотки обмоток одинаково.

Питание генератора и модулятора осуществляется от выпрямителя, дающего ток 85—90 *ма* при напряжении $U_а \approx 300$ *в*. Для питания накала требуется ток 1,9 *а* при 6,3 *в*.

Телеграфный ключ включают в разрыв провода, обозначенный точкой *Кл*. Его следует обязательно прикрыть защитной коробкой, так как при поднятии ручки ключа между его контактами получается полное анодное напряжение $U_а \approx 300$ *в*.

Налаживание. Если монтаж сделан правильно и кварцевые резонаторы хорошие, то при включении питания генератор должен генерировать, что можно обнаружить радиоприемником по излучению на основной и гармонических частотах кварцевого резонатора.

При настройке контура L_2C_5 на третью гармонику кварца следует пользоваться миллиамперметром магнитоэлектрической системы на 100 *ма*, включенным в анодную цепь генератора. Регулировкой расстояния между витками катушки L_2 следует добиться, чтобы при настройке конденсатором C_5 в средней части его шкалы анодный ток резко падал примерно с 40—50 до 20—25 *ма*.

Затем к катушке связи L_3 следует подсоединить фидерную линию антенны, рассчитанной на 10-метровый любительский диапазон. Приближением или удалением витков катушки L_3 относительно витков катушки L_2 следует добиться увеличения анодного тока на 10—15 *ма*, а затем снова настроить передатчик с помощью конденсатора C_5 на новый, повышенный минимум тока. Для окончательной настройки антенны обычно требуются два конденсатора переменной емкости с $C_{макс} = 150 \div 350$ *пф* и две катушки с числом витков по 2—3, аналогичные по конструкции с L_3. Сначала между концами катушки L_3 и гнездами *А* включают конденсаторы и одновременным изменением их емкости добиваются максимума анодного тока лампы 6П14П. Если это не удается, вместо конденсаторов включают катушки и добиваются максимума тока, раздвигая и сближая их витки.

20-5. ЧЕТЫРЕХЛАМПОВЫЙ ПЕРЕДАТЧИК НА 10-МЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН

Задающий генератор передатчика собран по регенеративной схеме с кварцевой стабилизацией (рис. 20-5). Кварцевый резонатор имеет частоту собственных колебаний 7,05—7,125 *Мгц* (для работы телефоном — 7,00—7,05 *Мгц*). В анодном контуре задающего генератора выделяются колебания учетверенной частоты. Через керамический конденсатор C_6 колебания подаются на управляющую сетку лампы $Л_2$. Конденсатор C_6 служит для регулирования связи между каскадами.

Оконечный каскад на лампе 6П1П является мощным усилителем рабочей частоты. В нем применена схема параллельного анодного питания с помощью дроссельной ВЧ катушки $Др_3$ (рис. 20-6 и табл. 20-1) и разделительного конденсатора C_{10}. Выходной контур $L_2C_{11}C_{12}$ настраивается на рабочую частоту конденсаторами C_{11} и C_{12} одно-

временно. Конденсатор C_{12} является конденсатором антенной связи.

Однополюсный переключатель $П_2$ на два направления служит для переключения общей антенны с передатчика на приемник; этот переключатель должен обладать малой емкостью между контактами.

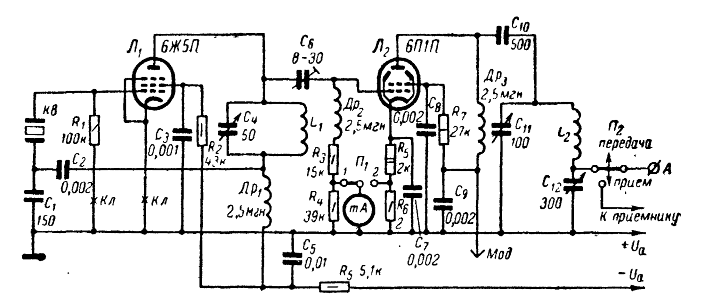


Рис. 20-5. Схема двухкаскадной высокочастотной части передатчика на 10-метровый диапазон.

Модулятор передатчика (рис. 20-7) состоит из двух каскадов предварительного усиления НЧ на двойном триоде 6Н2П и оконечного каскада на лучевом тетроде 6П3С. Выходная мощность модулятора — около 5 *вт* при напряжении на входе около 2 *мв*, что может обеспечить динамический микрофон типа МД-57 или 82А-1.

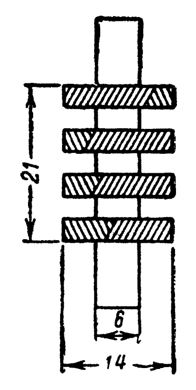


Рис. 20-6. Размеры высокочастотного дросселя.

В качестве выходного трансформатора *Тр* использован трансформатор питания радиовещательного приемника. Его сетевая обмотка *I* включена в анодную цепь лампы $Л_3$, а повышающая *II* — в анодную цепь модулируемой лампы $Л_2$ (рис. 20-5) передатчика. Для этого провод *Мод* на рис. 20-7 соединяется с проводом *Мод* на рис. 20-5. К обмотке накала *III* можно подключить контрольный телефон.

Питание модулятора и высокочастотных каскадов передатчика осуществляется от общего выпрямителя, дающего напряжение $U_а = 250$ *в*. Общий ток, потребляемый всеми лампами передатчика от выпрямителя, 130—150 *ма*. Для накала ламп требуется переменное напряжение 6,3 *в* при общем токе 2,2 *а*.

Передача телеграфных сигналов. Телеграфный ключ включают в цепь управляющей сетки либо в цепь катода лампы задающего генератора (места включения ключа показаны на рис. 20-5 крестиками с обозначением *Кл*). Во избежание образования щелчков, сопровождающих прием телеграфных сигналов, контакты ключа следует шунтировать конденсатором емкостью 0,002—0,01 *мкф*. Необходимо учитывать, что при включении ключа в катодную цепь $Л_1$ между его разомкнутыми контактами действует практически пол-

ное анодное напряжение 250 *в*. В целях обеспечения безопасности оператора в этом случае следует использовать ключ закрытого типа. Анодное питание включается при этом на оконечный каскад непосредственно через дроссельную катушку $Др_3$, т. е. провод *Мод* соединяется с зажимом $+U_а$.

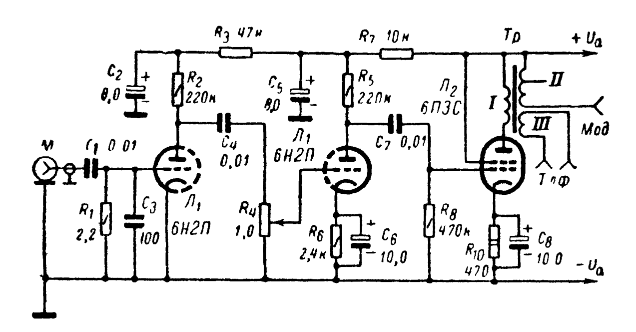


Рис. 20-7. Схема модулятора к передатчику по схеме на рис. 20-5.

Налаживание передатчика сводится к настройке колебательных контуров задающего генератора и оконечного каскада, а также к подстройке антенны.

Таблица 20-1

Данные контурных катушек и дросселей передатчика по схеме на рис. 20-5

Обозначение	Диаметр каркаса, *мм*	Длина намотки, *мм*	Число витков	Провод	Примечание
L_1 L_2	20 30	11 12	7 4	ПЭЛ 0,8 ПЭЛ 1,3	Цилиндрические каркасы из полистирола или керамики
$Др_1—Др_3$	6	4 секции универсальной намотки по 3 *мм*, расстояние между секциями по 3 *мм*	4×210	ПЭЛ 0,15	Полистироловая, керамическая, прес-сшпановая трубочка или стержень

Для настройки контура L_1C_4 задающего генератора переключатель $П_1$ переводят в положение 1, при котором прибор mA измеряет постоянную составляющую сеточного тока лампы $Л_2$. При точной настройке контура L_1C_4 напряжение на нем доходит до максимального значения; этому соответствует и максимальное показание прибора mA. После этого переходят к настройке контура $L_2C_{11}C_{12}$, для чего $П_1$ переводят в положение 2, при котором прибор mA показывает ток в цепи катода лампы $Л_2$. При точной настройке выходного контура $C_{11}L_2C_{12}$ изменением емкости его конденсаторов измерительный прибор mA дает минимальное показание. Однако ток в цепи катода зависит также и от того, в какой мере энергия тока ВЧ из контура поступает в антенну.

Одновременным изменением емкости конденсаторов C_{11} и C_{12} нужно добиться увеличения катодного тока. Это укажет на то, что в антенну передается максимум ВЧ энергии.

Можно рекомендовать включить в антенный провод маломощную лампу накаливания (например, лампочку от карманного фонаря или шкальную лампочку от радиовещательного приемника) и по яркости свечения ее судить о количестве поступающей в антенну энергии. Если режим передатчика налажен правильно, то при громком разговоре перед микрофоном она должна ярче вспыхивать. Если же при этом яркость свечения лампочки уменьшается, нужно уменьшить связь передатчика с антенной, изменяя емкость конденсатора C_{12} (при этом одновременно уменьшаются анодный ток лампы $Л_2$ и яркость свечения лампочки в отсутствие разговора).

20-6. ПРОСТОЙ ПЕРЕДАТЧИК НА 2-МЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН

Передатчик на двойном тетроде ГУ-32 работает в режиме самовозбуждения (рис. 20-8). Модуляция амплитудная на экранирующую сетку.

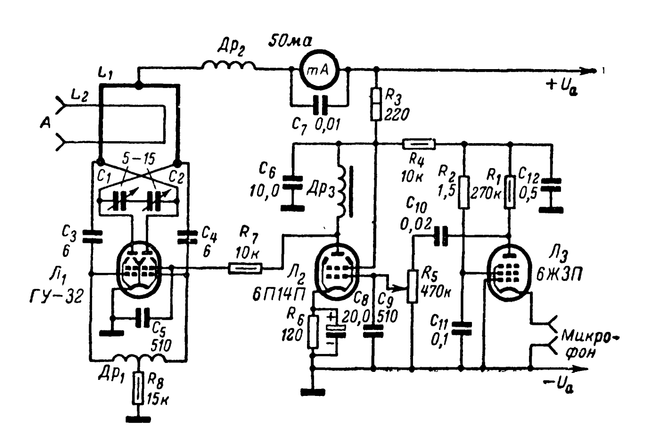


Рис. 20-8. Схема простого радиотелефонного передатчика на 2-метровый диапазон.

Индуктивность колебательного контура L_1 выполнена из медного посеребренного провода диаметром 4 *мм* в виде квадратного витка со стороной 45 *мм*. Виток связи с антенной L_2 прямоугольный размером 40×40 *мм* из медного провода диаметром 2 *мм*. Расстояние между витками L_1 и L_2 регулируется при налаживании передатчика.

Дроссель $Др_1$ наматывается в один слой проводом ПЭЛ 0,2 на керамическом каркасе длиной 50 *мм*, и диаметром 10 *мм*, отвод — от середины; дроссель $Др_2$ из провода ПЭЛ 0,25 намотан в один слой на каркасе резистора ВС-1 сопротивлением не менее 1 *Мом* до заполнения.

В качестве низкочастотного дросселя $Др_3$ используется первичная обмотка выходного трансформатора от радиовещательного приемника. В цепь катода каскада предварительного усиления НЧ на пентоде 6Ж3П включен угольный микрофон. Выходная мощность этого передатчика — около 5 *вт* при напряжении анодного питания $U_а$=250 *в* и напряжении на экранирующей сетке лампы ГУ-32 135 *в*. Общий ток, потребляемый от выпрямителя, 80—90 *ма*.

Налаживание передатчика. После включения напряжений накала и анода передатчик сейчас же должен начать генерировать ВЧ колебания. Для проверки генерации следует пользоваться индикатором, состоящим из одного витка изолированного монтажного провода диаметром 20—30 *мм*, замкнутого пайкой на лампочку от карманного фонаря. Если приблизить виток к индуктивности контура, лампочка загорится.

Налаживание генератора сводится к настройке контура $L_1C_1C_2$ с помощью сдвоенного конденсатора переменной емкости C_1C_2 на диапазон частот 144—146 *Мгц*. Для этого рекомендуется пользоваться градуированным на этот диапазон приемником или, еще лучше, измерительным УКВ генератором сигналов. Во избежание работы вне пределов разрешенного любителям диапазона на шкале конденсатора настройки C_1C_2 нужно сделать отметки граничных частот диапазона.

Антенный фидер включают в гнезда *А* и устанавливают наивыгоднейшее расстояние между катушками L_1 и L_2 по показанию миллиамперметра магнитоэлектрической системы *mA*. Чем меньше это расстояние, тем сильнее связь с антенной и тем больше отклонение стрелки миллиамперметра. Для неискаженной радиотелефонной работы следует, однако, связь между катушками L_1 и L_2 несколько ослабить, так чтобы показание миллиамперметра уменьшилось на 10—20% максимального своего значения. Одновременно следует проверить, не вызвало ли включение антенны изменения частоты генерируемых колебаний за пределы диапазона. После этого можно приступить к установлению связей с любителями.

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ
АНТЕННЫ

РАЗДЕЛ 21

АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА НА ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛНАХ

21-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для приема на больших расстояниях радиовещательных передач на простые приемники прямого усиления, например описанные в §14-1 и 14-2 настоящего Справочника, требуются наружные антенны. Прием местных станций на такие приемники можно осуществлять и на комнатные антенны. Возможно использование в качестве антенны электросети.

Для приема мощных ДВ, СВ и КВ радиовещательных станций на чувствительный приемник наружные антенны применяют редко, так как достаточно хороший прием таких станций почти всегда можно вести на комнатные антенны, например на кусок провода длиной около 1 *м*. Это объясняется тем, что помехи от радиостанций, работающих на соседних частотных каналах, при приеме на наружную антенну больше, чем при приеме на антенну малого размера, которая всегда обеспечит хороший прием мощных радиовещательных станций.

21-2. КОМНАТНЫЕ АНТЕННЫ

Комнатные антенны применяют для приема радиостанций на супергетеродинный приемник или приемник прямого усиления. На детекторный приемник с комнатной антенной можно слушать только передачи местных радиовещательных станций. Удовлетворительный прием может быть получен на антенну длиной 1—1,5 *м*. Прием будет несколько лучше, если она имеет длину 6—8 *м*. Провод антенны (голый или изолированный) укрепляют по углам комнаты на фарфоровых роликах. Один конец провода подводят к радиоприемнику. На верхних этажах зданий провод можно натягивать на плинтусах.

Комнатную антенну можно укрепить на настенном ковре: провод длиной 10—12 *м* и диаметром 0,6—0,8 *мм* пришивают суровыми нитками с обратной стороны ковра по его краям. Один конец провода подводят к приемнику.

Можно сделать спиральную антенну (рис. 21-1). Спираль наматывается из медной проволоки длиной 12—15 *м* плотными рядами на круглую палку диаметром 15—30 *мм*. Чтобы спираль не вытягивалась, ее подвешивают к стенам комнаты на тонкой бечевке.

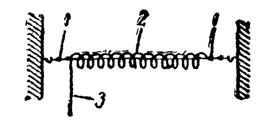


Рис. 21-1. Спиральная комнатная антенна.

1 — изоляторы; 2 — спираль из провода; 3—снижение.

Комнатная антенна должна находиться как можно дальше от проводов электросети, телефона, радиотрансляции и пр. Для уменьшения помех антенну следует располагать по возможности перпендикулярно этим проводам.

В качестве антенны могут быть использованы металлические стержни для гардин или занавесей.

21-3. ЭЛЕКТРОСЕТЬ В КАЧЕСТВЕ АНТЕННЫ

В качестве антенны можно использовать провода электросети, если напряжение в ней не превышает 220 *в*. Для этого гнездо «Антенна» приемника соединяют с одним из проводов электросети через конденсатор емкостью 330—1 000 *пф* на номинальное напряжение не менее 500 *в* (рис. 21-2). Последний практически не пропускает переменного тока с частотой сети, а токи ВЧ, возникающие в проводах электросети под воздействием радиоволн, свободно проходят через него в радиоприемник. Для предохранения радиоприемника от повреждения при случайном пробое конденсатора последовательно с ним нужно включить плавкий предохранитель на ток не более 0,25 *а*. В какое из гнезд штепсельной розетки следует включить конденсатор, нужно установить опытным путем. От этого иногда зависит громкость приема.

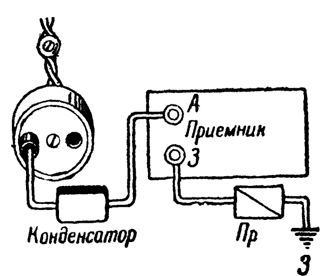


Рис. 21-2. Использование электросети в качестве антенны.

21-4. НАРУЖНАЯ Г-ОБРАЗНАЯ АНТЕННА

Детекторный приемник с наружной антенной позволяет вести прием радиостанций на расстоянии до 300—500 *км*.

Наиболее распространена Г-образная однопроводная антенна (рис. 21-3). Типовой приемной антенной считают такую антенну с длиной горизонтальной части около 30 *м* при высоте подвеса

15 *м*. Увеличение длины антенны целесообразно только при приеме на детекторный приемник.

Г-образные антенны наиболее подходят для сельских местностей и небольших городов. В качестве опор для их подвески могут быть

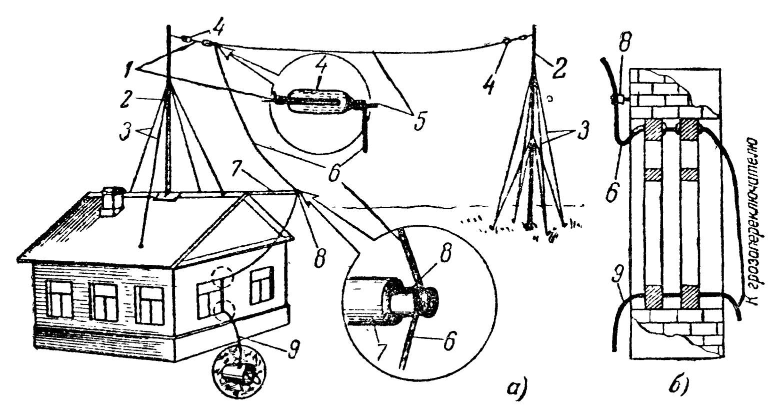


Рис. 21-3. Г-образная антенна.

а — устройство антенны; *б* — устройство ввода. *1*—веревка или трос; *2*—мачта; *3* — оттяжки мачты; *4* — изоляторы; *5* — горизонтальная часть антенны; *6* — снижение; *7* — шест; *8* — фарфоровый ролик; *9* — провод заземления.

использованы специальные мачты, высокие здания, деревья и т. п.

При выборе места для антенны нужно стремиться к максимальному удалению ее от различных проводов и электроустановок. Желательно располагать антенну так, чтобы горизонтальная часть ее была перпендикулярна расположенным вблизи проводам электросети, телефона и др.

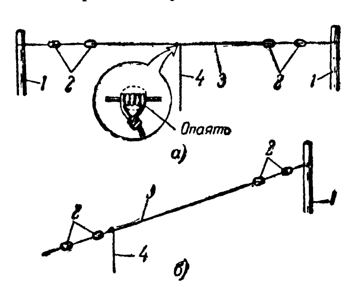


Рис 21-4. Т-образная (*а*) и наклонная (*б*) антенны.

1 — мачта; *2* — изоляторы; *3* — горизонтальная или наклонная часть; *4* — снижение.

Провод для антенны. Горизонтальную часть антенны и снижение рекомендуется выполнять из одного куска провода. Лучше всего применить антенный канатик — многожильный провод, свитый из медных проволок (табл. 21-1), или медную проволоку диаметром 1,5—3 *мм*. Можно использовать и стальную оцинкованную проволоку диаметром 2—3 *мм*. Не рекомендуется применять медную или стальную проволоку тоньше 1,5 *мм*, а также алюминиевую и латунную, которые во влажной атмосфере быстро становятся хрупкими и обрываются.

Антенный канатик можно изготовить самостоятельно, скрутив 6—8 кусков проволоки диаметром 0,2—0,4 *мм*.

Таблица 21-1

Длина и диаметр провода или канатика для антенны

Расстояние между опорами, *м*	Длина провода, *м*	Диаметр провода, *мм*		Число и диаметр жил канатика, *мм*	
		Бронза	Красная медь	Бронза	Красная медь
25	26	1,0	1,6	7×0,35	7×0,5
40	41	1,5	2,1	7×0,5	7×0,67
50	52	2,1	2,6	7×0,67	19×0,52
60	62	2,1	3,0	7×0,67	7×1,0
70	72	2,6	3,0	7×0,67	7×1,0
80	82	2,6	3,2	19×0,52	19×0,64

Примечание. Алюминиевый канатик должен иметь сечение в 3 раза большее, чем бронзовый.

Изоляция антенны. Горизонтальная часть антенны с обоих концов изолируется от точек крепления фарфоровыми изоляторами (можно использовать фарфоровые ролики). Они необходимы для предотвращения утечки токов ВЧ из антенны в землю через мачты или деревья, на которых она подвешена.

Снижение антенны не должно касаться крыши, деревьев и других предметов. При необходимости снижение отводят от крыши шестом длиной 1—1,5 *м* с укрепленным на конце его роликом.

Ввод снижения антенны в здание делают через просверленное в оконной колоде или раме отверстие (рис. 21-3, *б*). Провод изолируют от рамы.

21-5. Т-ОБРАЗНАЯ И НАКЛОННАЯ АНТЕННЫ

Однолучевая Т-образная антенна выполняется так же, как и Г-образная, но снижение делают от середины горизонтальной части (рис. 21-4, *а*), наклонная антенна — из наклонного провода длиной 6—10 *м* (рис. 21-4, *б*). Такие антенны целесообразно делать в городах. Их также нужно располагать по возможности дальше от электрических, трансляционных и других линий.

Г-образная, Т-образная и наклонная антенны примерно равноценны по своим качествам, и выбор той или иной антенны следует производить, исходя из наличия местных предметов, которые можно использовать для подвески антенны.

21-6. МЕТЕЛОЧНАЯ АНТЕННА

Метелочная антенна состоит из связанных в пучок 30—40 кусков голой медной проволоки диаметром 1,0—1,5 длиной 300—350 *мм* и снижения (рис. 21-5). Куски проволоки стягивают с одного конца такой же проволокой, спаивают, вставляют в изолятор и закрепляют

в нем при помощи вара или смолы, что предохраняет от проникновения воды к местам соединения кусков провода и снижения. Можно использовать фарфоровый или стеклянный изолятор, применяемый для подвески проводов на столбах. Вместо него можно применить толстостенный фарфоровый или стеклянный стакан. Изолятор укрепляется хомутиком из полосовой стали на деревянной мачте высотой 4—6 *м*. Ввод от метелочной антенны в помещение делается так же, как и у описанных выше антенн. Метелочная антенна обеспечивает на трех — пятиламповый приемник прием радиовещательных станций на расстояниях до 1000—1500 *км*, причем атмосферные помехи влияют на нее несколько меньше, чем на Г- или Т-образную наружную антенну.

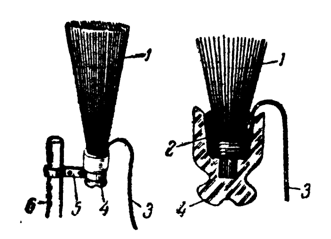


Рис. 21-5. Метелочная антенна.

1 — пучок проволок; *2* — заливка варом или смолой; *3* — снижение; *4* — изолятор; *5* — хомутик; *6* — мачта.

21-7. АНТИШУМОВЫЕ АНТЕННЫ

Индустриальные помехи наиболее сильно воздействуют на снижение антенны. Следовательно, чтобы антенна была менее чувствительной к таким помехам, необходимо защитить от воздействия помех главным образом снижение. Такая антенна называется антишумовой. Однако антишумовая антенна дает более низкий уровень сигнала на входе приемника, чем обычная антенна таких же размеров.

Простейшей антишумовой антенной является Г-образная антенна, снижение которой обмотано изолированным проводом диамет-

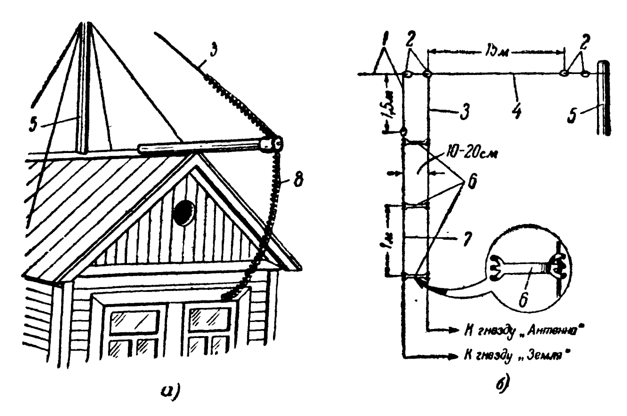


Рис. 21-6. Антишумовые антенны.

а — с экранированным снижением; *б* — с двумя снижениями. *1* — трос или веревка; *2* — изоляторы; *3* — основное снижение; *4* — горизонтальная часть антенны; *5* — мачта; *6* — распорки; *7* — второе снижение; *8* — экран.

ром 0,25—0,35 *мм* на расстоянии 0,5—0,7 *м* от горизонтальной части антенны до гнезда «Антенна» радиоприемника (рис. 21-6, *а*). Провод наматывается плотно виток к витку; он служит экраном. Экран должен быть надежно соединен с заземлением. В качестве экрана можно применить гибкий металлический чулок. Он должен быть изолирован от снижения. Снижение можно сделать из коаксиального кабеля любого типа (см. табл. 42-1). Верхний конец центральной жилы кабеля припаивают к горизонтальной части антенны; нижний конец этой жилы соединяют с гнездом «Антенна», а оплетку кабеля — с гнездом «Земля» радиоприемника.

Антишумовая антенна по рис. 21-6, *б* отличается от обычной Г-образной тем, что имеет второе снижение, начинающееся ниже основного. Оба снижения идут параллельно. Антенну и оба снижения лучше всего сделать из антенного канатика. Снижения изолированы друг от друга распорками из текстолита, гетинакса или иного изоляционного материала.

Основное снижение соединяют с гнездом «Антенна» приемника, а второе — с гнездом «Земля». Оба снижения по окончании приема и во время грозы заземляют при помощи двух отдельных грозопереключателей.

21-8. МОЛНИЕЗАЩИТА АНТЕНН

Внутри здания у места ввода снижения устанавливают переключатель (рис. 21-7), чтобы заземлять антенну во время грозы (отсюда название грозопереключатель).

Грозопереключатель имеет искровой разрядник — две зубчатые пластинки, между которыми имеется промежуток. При возникновении в антенне зарядов атмосферного электричества в то время, когда она соединена с приемником, между зубцами разрядника проскакивают электрические искры, отводя заряды в землю минуя приемник.

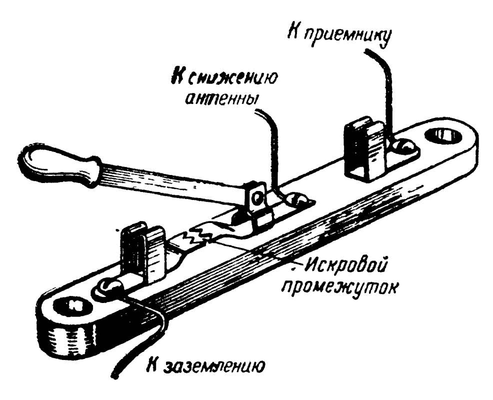


Рис. 21-7. Грозопереключатель.

РАЗДЕЛ 22

УКВ АНТЕННЫ

22-1. ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Усиление антенны (коэффициент усиления антенны) по мощности — величина, показывающая, во сколько раз мощность сигнала на выходе (в месте подключения фидерной линии) данной антенны, например состоящей из нескольких элементов, больше, чем на выходе антенны, состоящей из одиночного простого вибратора.

Коэффициент направленного действия (к. н. д.) — число, показывающее, во сколько раз мощность сигнала на выходе данной приемной направленной антенны, т. е. антенны, которая лучше принимает с определенного направления, больше, чем на выходе ненаправленной антенны, т. е. принимающей одинаково со всех направлений; к. н. д. последней равен единице.

Выходное сопротивление антенны — отношение наведенного в антенне напряжения к вызванному этим напряжением току на входе антенного снижения — фидерной линии.

Полоса пропускания антенны — диапазон частот, в котором выдерживаются требуемые значения коэффициента усиления, направленного действия и входного сопротивления антенны. Полоса пропускания антенны, как и полоса пропускания колебательного контура, может быть определена по ее частотной характеристике, выражающей например зависимость выходного сопротивления от частоты. За полосу пропускания принимают спектр частот, на краях которого мощность уменьшается не более, чем в 2 раза.

Чтобы обеспечить требуемое количество телевизионного приема, антенна должна пропустить весь спектр частот телевизионного сигнала, равный для одного телевизионного канала примерно 8 *Мгц*.

Волновое сопротивление кабеля — отношение напряжения ВЧ к вызванному им току в любом сечении кабеля; оно целиком зависит от конструкции кабеля и используемых в нем изоляционных материалов. Волновое сопротивление кабелей, выпускаемых промышленностью, известно для каждой марки кабеля (см. § 42-1).

Волновое сопротивление кабеля не зависит от его длины. Поэтому и волновое сопротивление фидерной линии, соединяющей антенну с приемником (или передатчиком), равно волновому сопротивлению кабеля, из которого эта линия изготовлена.

«Согласование сопротивлений». Для того чтобы энергия принятого антенной сигнала прошла из антенны в приемник (телевизор) с наименьшими потерями, необходимо, чтобы волновое сопротивление фидерной линии было равно входному сопротивлению приемника (отношение напряжения к току на его антенном входе) и выходному сопротивлению антенны. Если эти условия выполняются, то говорят, что «фидерная линия согласована с приемником» и «антенна согласована с фидерной линией». Последнее условие необходимо также для передачи с наименьшими потерями мощности от УКВ передатчика в антенну.

Если волновое сопротивление кабеля (фидерной линии) не равно выходному сопротивлению антенны, то во избежание потерь энер-

гии осуществляют согласование их с помощью включаемого между антенной и фидерной линией трансформатора сопротивлений, чаще называемого согласующим трансформатором (или согласующим устройством). Его можно изготовить из отрезков кабеля определенной длины или отрезков металлических труб (см. ниже).

22-2. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ КОМНАТНЫЕ АНТЕННЫ

На расстояниях 10—20 *км* от телевизионной станции (телецентра) сигналы ее можно принимать на комнатную антенну КТТА (рис. 22-1). Она состоит из двух вибраторов (лучей), каждый из которых образуется из нескольких трубок, входящих одна в другую. Антенну можно применить для приема сигналов на первых пяти телевизионных каналах (см. стр. 61). Настройку антенны на требуемый канал производят изменением длины ее лучей l, руководствуясь табл. 22-1.

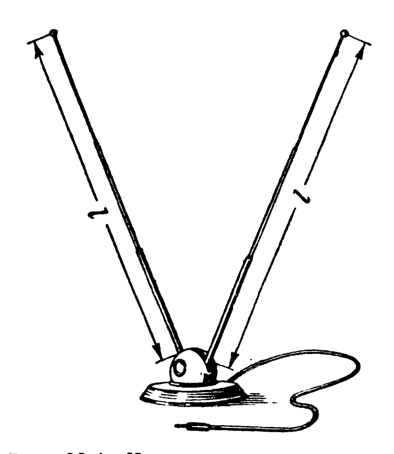


Рис. 22-1. Комнатная телевизионная антенна КТТА.

Для получения наилучшего приема нужно при приеме опытным путем подобрать угол между лучами антенны и направление ее на телецентр. Существенное значение имеет место установки ее в комнате.

Комнатная антенна может быть выполнена из антенного канатика или провода диаметром 1,5—2 *мм*, а фидерная линия — из осветительного шнура или — лучше — высокочастотного кабеля (рис. 22-2, *а* и табл. 22-1).

22-3. ПРОСТЫЕ НАРУЖНЫЕ ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

На расстояниях 25—40 *км* от телевизионной станции, а также более близких, но при неблагоприятных условиях приема (в окружении высоких зданий, при наличии вблизи источников интенсивных индустриальных помех) необходимо применять наружные антенны. На расстояниях до 50—80 *км*, но при плохих условиях приема (в основном при сильных помехах) следует применять многоэлементные антенны.

Наружную антенну можно изготовить из медных, латунных или алюминиевых трубок диаметром 10—20 *мм*. Их прикрепляют к металлической или деревянной мачте при помощи фарфоровых роликов (рис. 22-2, *б*). Вместо них можно применить изоляторы из тексто-

Размеры простых телевизионных антенн по рис. 22-1 и 22-2

Таблица 22-1

Номер телевизионного канала	l, *мм*	l_1, *мм*	l_2, *мм*	l_3, *мм*	l_4, *мм*
1	1 380	2 850	950	2 760	1 900
2	1 170	2 420	810	2 340	1 600
3	910	1 860	620	1 790	1 240
4	825	1 680	560	1 620	1 120
5	745	1 545	515	1 510	1 030
6	395	860	280	780	560
7	370	810	270	780	560
8	356	775	255	710	500
9	342	745	245	710	500
10	328	715	240	650	460
11	309	675	225	650	460
12	302	657	220	650	460

лита или гетинакса. Длина трубок l выбирается по табл. 22-1. Для удовлетворительного приема сигналов первого и третьего каналов вблизи телецентра длина $l=1\,000 \div 1\,100$ *мм*, $l_1=2\,100$ *мм* и $l_2=$ $=800$ *мм*. Оплетку и жилу фидерной линии следует припаивать к внутренним стенкам трубок.

Вместо трубок можно применить металлические полосы, уголки или медный провод диаметром 1—2 *мм*. В последнем случае каждое плечо антенны состоит из трех проводников одинаковой длины, спаянных на концах (рис. 22-2, *в*). В середине проводники разводятся и припаиваются к углам треугольной металлической пластинки толщиной 1,5—2 *мм*.

Петлевая антенна (петлевой вибратор) (рис. 22-2, *г* и *д*) обеспечивает лучшее качество приема изображения, чем антенна из прямых трубок. Ее изготовляют из медной или алюминиевой трубки диаметром 10—20 *мм*. Если трубку трудно изогнуть, антенну можно изготовить из прямых отрезков трубки, соединив их перемычками (рис. 22-2, *е*).

Середина верхней части трубки крепится непосредственно к мачте без изоляции. Концы нижних трубок антенны крепятся болтиками к изоляционной планке (из гетинакса или текстолита).

Антенну желательно устанавливать не ближе 1,5 *м* от окружающих предметов. Оси трубок должны быть перпендикулярны направлению на телевизионную станцию. Наилучшее положение антенны подбирается опытным путем.

С телевизором, имеющим входное сопротивление 75 *ом*, антенна соединяется фидерной линией, выполненной из коаксиального кабеля РК-1, РК-3, РК-20 или РК-49, с помощью согласующего устройства (U-образной петли из того же кабеля длиной l_4 (рис. 22-2, *д*), а с телевизором, имеющим входное сопротивление 300 *ом*, — фидерной линией из ленточного кабеля КАТВ. Если же телевизор имеет

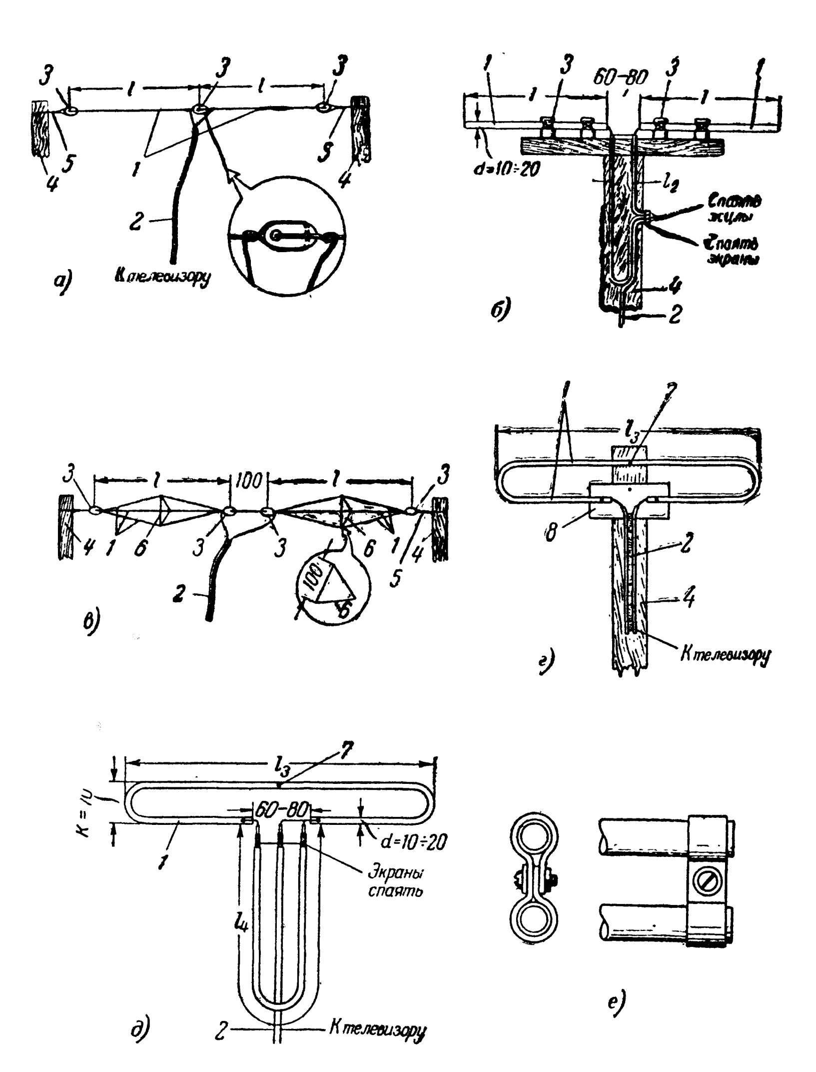


Рис. 22-2. Простые телевизионные антенны.

а — простейшая антенна; *б* — антенна из прямых трубок с фидерной линией из коаксиального кабеля; *в* — антенна, выполненная из нескольких проволок; *г* — петлевая антенна со снижением из кабеля КАТВ; *д* — то же, со снижением из коаксиального кабеля типа РК-1 или РК-3; *е* — соединение трубок петлевой антенны.

1 — провод либо трубка (вибратор); *2* — снижение (фидер) к телевизору; *3* — изоляторы; *4* — мачта; *5* — веревка (оттяжка); *6* — треугольник; *7* — место крепления к мачте и присоединения заземления; *8* — изоляционная планка; *9* — U-образная петля из коаксиального кабеля (согласующее устройство).

входное сопротивление 300 *ом*, а фидерная линия выполнена из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением $Z_в \approx 75$ *ом*, то она подключается к телевизору через придаваемое к нему согласующее устройство.

22-4. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ ТИПА «ВОЛНОВОЙ КАНАЛ»

Антенны типа «волновой канал» обладают хорошим направленным действием, дают усиление по мощности, и поэтому их применяют для приема сигнала на больших расстояниях от телевизионной станции и в случае, когда нужно ослабить действие помех. В много-

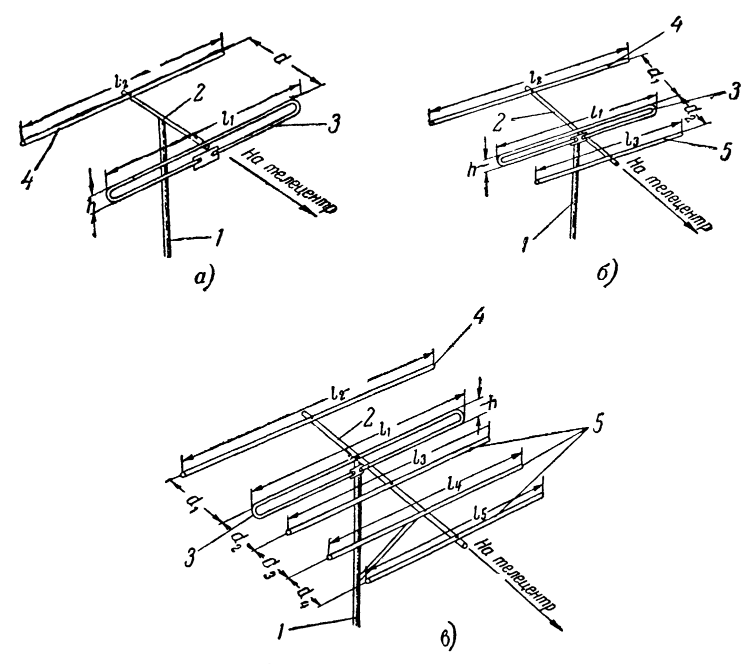


Рис. 22-3. Антенны типа «волновой канал».

а — двухэлементная; *б* — трехэлементная; *в* — пятиэлементная.
1 — мачта; *2* — стрела; *3* — активный петлевой вибратор; *4*—рефлектор; *5* — директор.

элементной антенне параллельно петлевому вибратору на определенных расстояниях от него в горизонтальной плоскости располагают еще один или несколько вибраторов в виде прямых отрезков стальных, латунных или дюралюминиевых трубок диаметром 10—20 *мм* (рис. 22-3). Они не подключаются к фидерной линии и носят название пассивных вибраторов. Основной же (петлевой) вибратор в этом случае называют активным.

Таблица 22-2

Размеры двухэлементной антенны по рис. 22-3, *а*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*			Длина U-образной петли l_4, *мм*, по рис. 22-2, *д*
	l_1	l_2	d	
1	2 560	3 140	900	1 900
2	2 180	2 680	760	1 600
3	1 700	2 060	590	1 240
4	1 530	1 870	535	1 120
5	1 400	1 710	490	1 030
6	760	930	270	560
7	730	890	255	535
8	700	850	240	515
9	670	815	230	495
10	640	785	225	475
11	620	760	220	455
12	595	730	215	440

Если пассивный вибратор расположен со стороны, противоположной направлению на телевизионную станцию, то он называется рефлектором. Пассивные вибраторы, расположенные перед активным, называются директорами.

Таблица 22-3

Размеры трехэлементной антенны по рис. 22-3, *б*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*					Длина U-образной петли l_4, *мм*, по рис. 22-2, *д*
	l_1	l_2	d_1	l_3	d_3	
1	2 760	3 350	900	2 340	600	1 900
2	2 340	2 840	760	2 000	510	1 600
3	1 790	2 200	590	1 550	395	1 240
4	1 620	2 000	535	1 400	355	1 120
5	1 510	1 830	490	1 290	330	1 030
6	815	990	270	690	180	560
7	780	950	255	660	170	535
8	745	905	240	630	160	515
9	720	870	230	610	155	495
10	690	840	225	585	150	475
11	665	805	220	560	145	455
12	640	780	215	545	140	440

Активный и пассивный вибраторы закрепляются на общей стреле без изоляторов. Стрела изготовляется из металлической трубы или деревянного бруска такого сечения, которое обеспечивает нужную механическую прочность антенны, и устанавливается на металлической или деревянной мачте. Геометрические размеры многоэлементных антенн при диаметре трубок 10—20 *мм* и расстоянии $h=80$ *мм* приведены в табл. 22-2—22-4. Подключение коаксиального кабеля к активному вибратору многоэлементной антенны производится согласно рис. 22-2, *д*.

Таблица 22-4

Размеры пятиэлементной антенны по рис. 22-3, *в*

Номер телевизионного канала	Размеры, *мм*									Длина U-образной петли l_4, *мм*, по рис. 22-2, *д*
	l_1	l_2	d_1	l_3	d_2	l_4	d_3	l_5	d_4	
1	2 760	3 130	1 200	2 510	730	2 490	700	2 430	740	1 900
2	2 340	2 650	1 030	2 130	620	2 100	590	2 060	625	1 600
3	1 790	2 060	790	1 650	480	1 630	460	1 600	485	1 240
4	1 620	1 870	720	1 500	435	1 485	420	1 450	440	1 120
5	1 510	1 710	660	1 370	400	1 360	380	1 330	400	1 030
6	730	840	325	720	210	720	500	700	420	560
7	690	840	310	680	210	680	530	660	365	535
8	680	800	300	660	210	660	490	650	370	515
9	660	760	290	640	160	610	450	610	380	495
10	605	700	260	610	190	610	445	610	315	475
11	580	710	260	580	190	580	390	570	350	455
12	550	680	240	560	250	560	385	530	340	440

Двухэлементная антенна (активный вибратор с рефлектором) применяется при приеме сигналов на расстояниях 30—40 *км* от телевизионной станции, трехэлементная (активный вибратор, рефлектор и директор) — на расстояниях 40—50 *км*, пятиэлементная (активный вибратор, рефлектор и три директора) — на расстояниях 50—80 *км*. Эти расстояния являются ориентировочными (для приема первой программы Московского телецентра при высоте антенны 15—20 *м* над поверхностью земли).

22-5. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ РАМОЧНЫЕ АНТЕННЫ

Рамочные антенны типа «двойной квадрат» разных конструкций имеют несколько лучшие параметры, чем антенны, изображенные на рис. 22-2.

Двухэлементная антенна (рис. 22-4 и табл. 22-5) работает не хуже трехэлементной антенны типа «волновой канал», но имеет по сравнению с ней меньшие габариты.

Таблица 22-5

Размеры рамочных антенн и согласующих устройств к ним по рис. 22-4, 22-5 и 22-6

Номер телевизионного канала	$\lambda_{ср}$, *мм*	Размеры, *мм*				
		l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
1	5 720	1 450	1 630	900	1 500	1 000
2	4 840	1 220	1 370	760	1 260	840
3	3 750	930	1 050	580	970	640
4	3 410	840	950	530	880	580
5	3 130	770	870	480	800	530
6	1 680	410	460	250	430	280
7	1 610	390	440	240	410	270
8	1 550	370	420	230	390	260
9	1 480	360	405	220	375	250
10	1 430	345	390	210	360	240
11	1 370	330	375	210	350	230
12	1 320	320	360	200	335	220

Элементы антенны — вибратор и рефлектор — можно изготовить из стальных, латунных, медных или дюралюминиевых трубок диаметром 10—20 *мм* или полос любой толщины шириной не менее 20—40 *мм*. Вместо них можно применить толстый многожильный провод. Его укрепляют на изоляторах, установленных на деревянных распорках. Элементы антенны в точках *О* можно прикреплять к стрелам без изоляторов. Стрелы и мачта могут быть как деревянными, так и металлическими. Рамочную антенну можно использовать для приема в двух соседних каналах от третьего до пятого или в трех-четырех соседних каналах от шестого до двенадцатого.

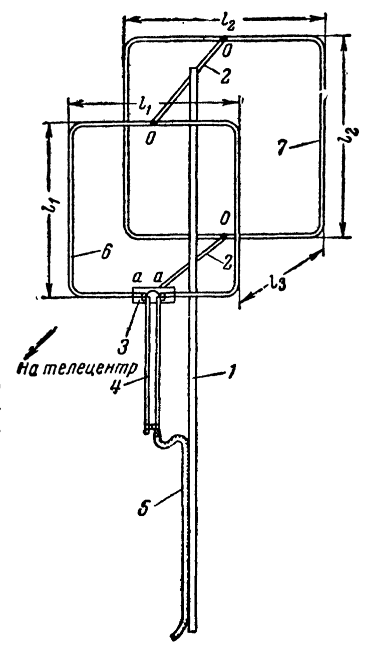


Рис. 22-4. Двухэлементная рамочная антенна.

1 — мачта; *2* — стрела; *3* — планка-изолятор; *4* — симметрирующий шлейф или мостик; *5* — коаксиальный кабель; *6* — рамка активный вибратор; *7* — рамка-рефлектор.

Фидерная линия из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* (например, РК-1; РК-101, РК-120) присоединяется к точкам *а—а* антенны через одно из устройств, показанных на рис. 22-5.

Двухэтажная рамочная антенна (рис. 22-6 и 22-7 и табл. 22-5). Ее используют при дальнем приеме телевидения. Усиление такой антенны при увеличении расстояния между этажами возрастает. Расстояние это можно брать в пределах (0,5—1) $\lambda_{ср}$, где $\lambda_{ср}$ — средняя длина волны телевизионного канала, взятая из табл. 22-5. «Эта-

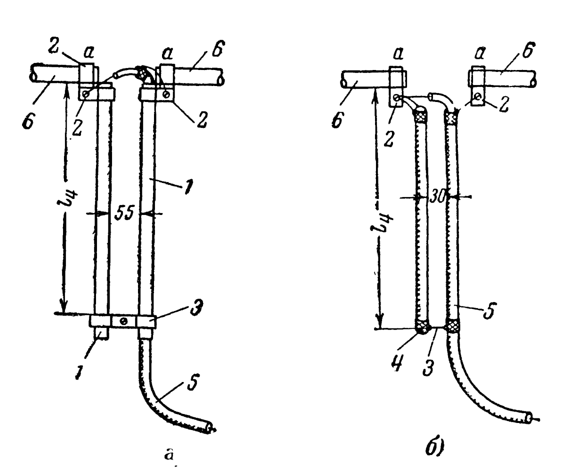


Рис. 22-5. Симметрирующие устройства.

а — мостик; *б* — шлейф, *1* — металлические трубки ⌀20 *мм*; *2* — хомутик; *3* — замыкающая перемычка; *4* — центральная жила кабеля, спаянная с его чулком; *5* — коаксиальный кабель; *6* — рамка активный вибратор.

жи» антенны соединяются коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 *ом*, например РК-1, РК-101, РК-3 (рис. 22-7). В том месте, где присоединяется фидерная линия, выполненная из такого же коаксиального кабеля, включен согласующий трансформатор — отрезок коаксиального кабеля длиной l_5 с волновым сопротивлением 50 *ом* (например, РК-19, РК-47). Если нет такого кабеля, то этажи антенны можно соединить по схеме на рис. 22-8, используя кабель с волновым сопротивлением 75 *ом*. Оплетки кабелей с длинами l_5, l_6 и кабелей фидерной линии необходимо спаять.

Кабель, соединяющий этажи и фидер, укладываются вдоль стрел и мачты. Длины отрезков кабеля l_6 должны быть минимально возможными, но обязательно одинаковыми. Соединяя этажи антенны, необходимо следить за тем, чтобы жилы отрезков кабелей l_6 присоединялись в верхнем и нижнем этажах либо только к левым или только к правым выводам активных вибраторов (*а* — *а*).

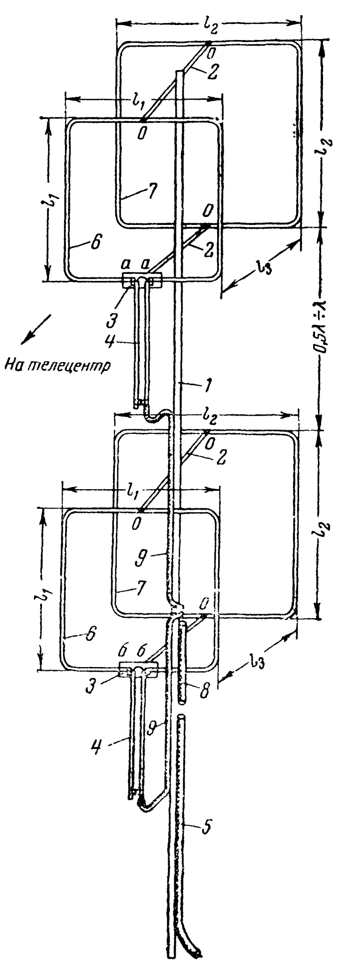


Рис. 22-6. Двухэтажная рамочная антенна.

1 — мачта; *2* — стрела; *3* — планка-изолятор; *4* — шлейф или мостик; *5* — коаксиальный кабель; *6* — рамка активный вибратор; *7* — рамка-рефлектор; *8* — согласующий трансформатор из кабеля РК-19; *9* — коаксиальные соединительные кабели.

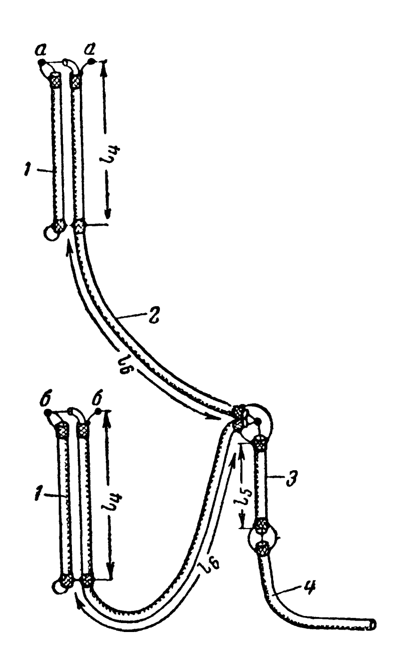


Рис. 22-7. Схема соединения этажей рамочной антенны.

1 — шлейф или мостик; *2* — коаксиальные соединительные кабели РК-1 и др.; *3* — согласующий трансформатор из кабеля РК-19; *4* — фидерная линия из кабеля РК-1 и др.

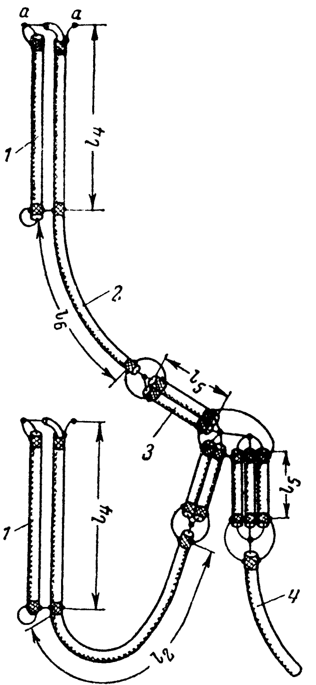


Рис. 22-8. Вариант схемы соединения этажей рамочной антенны.

1 — шлейф или мостик; *2* — коаксиальные соединительные кабели РК-1; *3* — согласующие трансформаторы из отрезков кабеля РК-1; *4* — фидерная линия из кабеля РК-1.

22-6. ВЕЕРНАЯ ПРИЕМНАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ 12-КАНАЛЬНАЯ АНТЕННА

Вибратор веерной антенны состоит из четырех металлических трубок, расходящихся веером (рис. 22-9). На эту антенну можно принимать передачи в любом из 12 телевизионных каналов на расстоянии до 50—80 *км* от телевизионной станции. Соединение антенны с фидерной линией из коаксиального кабеля РК-1, РК-3, РК-4, РК-20 или РК-49 производится при помощи устройства, состоящего из двух вертикальных трубок и отрезка кабеля РК-2 длиной 700 *мм.*

22-7. ПРИЕМНАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ЗИГЗАГООБРАЗНАЯ АНТЕННА

Зигзагообразная антенна рассчитана для приема телевизионных станций, использующих частотные каналы от первого до пятого.

К деревянной мачте под углом 90° прикреплены две рейки. Верхняя рейка укрепляется на расстоянии не менее 1 100 *мм* от вершины мачты. Рейки желательно врéзать в мачту и скрепить с ней гвоздями или шурупами. К мачте снизу и сверху крепят две металлические планки *3*; такие же планки *4*, но на изоляционных прокладках *5* (например, из органического стекла) укрепляют на концах реек.

На плате *7* из изоляционного материала укреплены две закругленные металлические пластины. После установки планок *3*, *4* и платы *7* натягивают параллельно друг другу три зигзагообразных прово́да *6* диаметром 2—3 *мм* (или антенный канатик). В местах изгиба их припаивают к планкам и пластинам платы питания. Коаксиальный кабель *8* с волновым сопротивлением 75 *ом* подвязывают к мачте и далее по одному из внутренних проводов антенны прокладывают к плате *7*. Оплетку кабеля припаивают к одной пластине платы *7*, соединенной с проводом, к которому он подвязан, а центральный проводник кабеля — к другой пластине этой платы.

Размеры деталей не указанные на рис. 22-10, можно выбрать произвольными. Для того чтобы на такую антенну вести прием на каналах 6—12, все размеры ее необходимо уменьшить в 3,6 раза.

22-8. КОЛЛЕКТИВНЫЕ ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

В городах широко распространены приемные телевизионные антенны коллективного пользования. Это антенны типа «волновой канал», рассчитанные на прием двух-трех телевизионных программ. Так, например, в Москве коллективные антенны рассчитаны на прием передатчиков телецентра, работающих на частотах первого, третьего и восьмого телевизионных каналов.

Установка коллективных антенн производится строительно-монтажными управлениями Госрадиотреста Министерства связи. На крыше дома над каждым подъездом устанавливается одна такая антенна и от нее по лестничной клетке прокладывается вертикальная фидерная линия из коаксиального кабеля. В эту линию включаются разветвительные коробки, устанавливаемые на каждом этаже. От

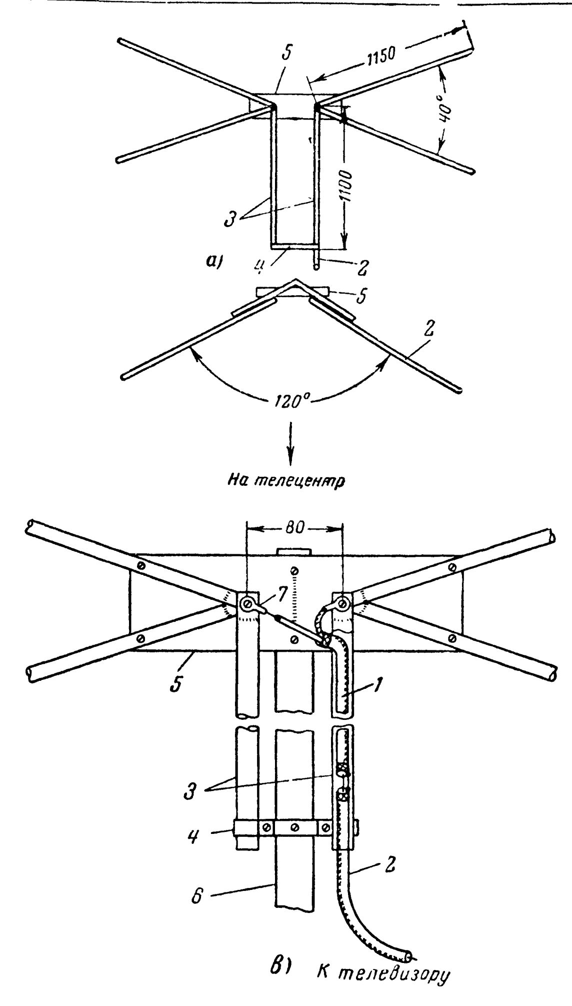


Рис 22-9. Веерная 12-канальная антенна.

а — вид спереди и размеры, *б* — вид сверху; *в* — крепление элементов и присоединение фидерной линии. *1*—отрезок кабеля РК-2 длиной 700 *мм*; *2*—фидерная линия из кабеля РК-1, РК-3 и др.; *3*—трубки симметрирующего мостика; *4* — короткозамыкающая перемычка; *5* — изогнутая пластина из органического стекла или винипласта; *6* — деревянная мачта; *7* — монтажный лепесток.

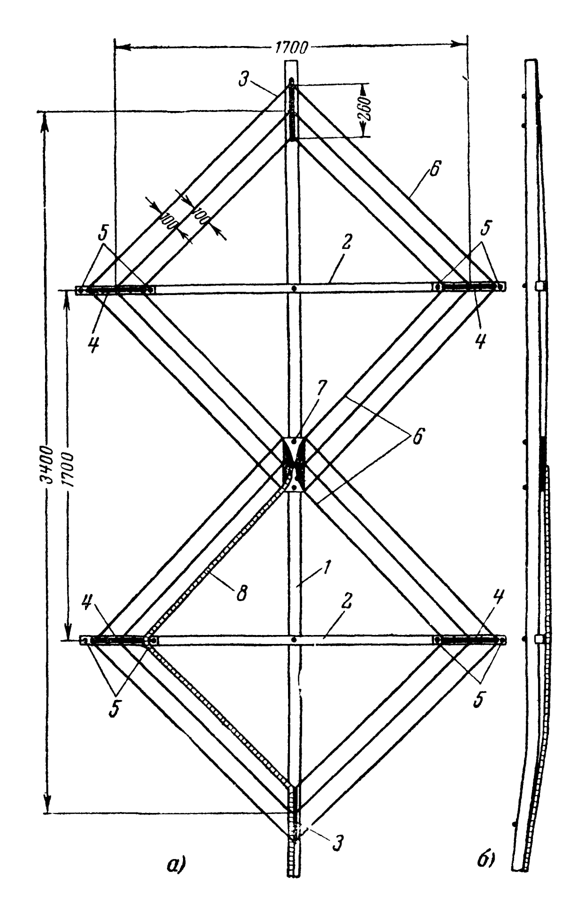


Рис. 22-10. Зигзагообразная антенна.

а — вид спереди; *б* — вид сбоку. *1* — мачта сечением 60×60 *мм*, *2* — рейка сечением 40×40 *мм*; *3*, *4* — металлическая планка, *5* — изоляционная прокладка; *6* — провод; *7* — плата; *8* — фидерная линия из коаксиального кабеля РК 1 или РК-3.

коробок делают коаксиальным кабелем отводы в квартиры к телевизорам.

Коллективные телевизионные антенны очень удобны для владельцев телевизоров, так как стоимость присоединения к ним значительно меньше, чем стоимость установки индивидуальной наружной антенны, абонементная плата за пользование коллективной антенной низкая (15 коп. в месяц), а качество приема на коллективную антенну обычно значительно лучше, чем на комнатную. К тому же установка коллективных антенн улучшает внешний вид зданий (на их крышах нет «леса» индивидуальных антенн), лучше сохраняются крыши.

22-9. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАНИЯ НА УКВ

К антеннам для приема радиовещания на УКВ и телевидения предъявляются принципиально одинаковые требования. Однако воздействие отраженных волн и помех при приеме радиовещания намного меньше, чем при приеме телевидения. Кроме того, сигнал на входе телевизора должен быть примерно в 10 раз больше, чем на входе радиоприемника. По этим причинам для приема радиовещания на УКВ можно обойтись простыми антеннами и допустить значительно большее рассогласование между антенной, антенным фидером и входом радиоприемника, чем при приеме телевидения.

Прием местных радиовещательных станций УКВ можно всегда вести с помощью любой суррогатной антенны, например куска провода. Однако хорошая антенна УКВ значительно улучшит прием удаленных радиостанций. Если УКВ станция расположена близко, удовлетворительный прием получается на УКВ антенну, находящуюся внутри приемника, или на комнатную антенну. Если же прием ведется на значительном отдалении от радиовещательной УКВ станции, следует пользоваться наружной УКВ антенной. Комнатная или наружная антенна устраивается согласно рис. 22-2; при этом $l=1\,030$ *мм*. Для приема ЧМ вещания на УКВ пригодны также телевизионные антенны для каналов 1—5.

22-10. АНТЕННА ДЛЯ СВЯЗИ НА 10-МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Имея в виду, что размеры антенны увеличиваются прямо пропорционально увеличению длины волны, многоэлементные антенны типа «волновой канал» на 10-метровом диапазоне из-за их громоздкости трудно выполнимы. Поэтому в любительских условиях приходится ограничиваться полуволновым активным вибратором с рефлектором (рис. 22-11), который увеличивает излучение энергии в нужном направлении примерно в 3 раза. Следует использовать для этих элементов тонкостенную дюралюминиевую, алюминиевую или латунную трубку с наружным диаметром 8—12 *мм*. Антенну следует сделать вращающейся, чтобы держать связь во всех желаемых направлениях. Элементы следует прикрепить с помощью фарфоровых изоляторов или роликов к деревянным брускам, а последние — к промежуточному деревянному бруску. Деревянные брусья можно заменить подходящими стальными трубками. Всю конструкцию следует прикрепить с помощью стального кронштейна к 25-миллиметровой газовой трубе как мачте.

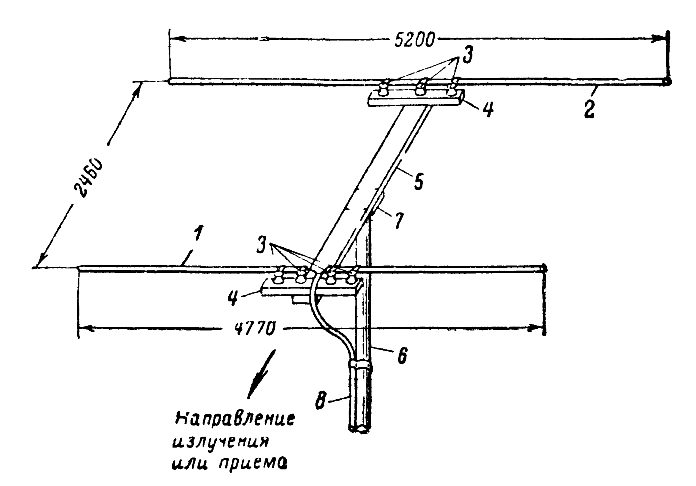


Рис 22-11. Двухэлементная антенна для связи на 10-метровом диапазоне.

1 — активный вибратор, *2* — рефлектор, *3* — изолятор, *4* — деревянный брусок размером 1 000×40×40 *мм*; *5* — то же размером 2 500×100×40 *мм*; *6* — вращающаяся мачта из газовой трубы диаметром 25 *мм*; *7* — стальной кронштейн; *8* — фидерная линия из кабеля типа РК-20.

Конструкцию антенны можно упростить, исключив из нее рефлектор.

22-11. АНТЕННА ТИПА «ВОЛНОВОЙ КАНАЛ» ДЛЯ СВЯЗИ НА 2-МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Антенна типа «волновой канал» является самой распространенной системой из всех антенн, применяемых радиолюбителями для связи на 2 метровом и 70-сантиметровом диапазонах. По сравнению

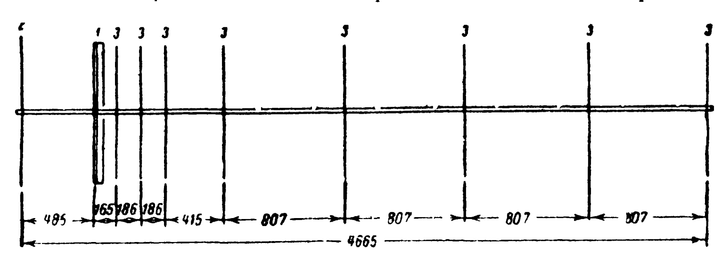


Рис 22-12 Размеры антенны типа «волновой канал» для связи на 2-метровом диапазоне:

1 — активный вибратор, длина 980 *мм*; *2* — рефлектор, длина 1 040 *мм*, *3* — директор, длина 930 *мм*.

с другими антеннами она является наиболее компактной и легкой, имеет малое сопротивление ветру, а значит, она надежна, обладает прекрасным направленным действием и конструктивно легко выполнима. Усиление ее по мощности, а также коэффициент направлен-

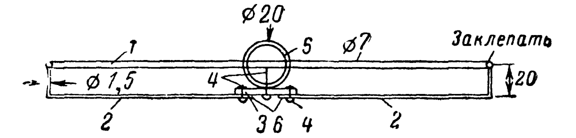


Рис. 22-13. Конструкция активного вибратора антенны типа «волновой канал» для 2-метрового диапазона волн.

1 — медный или латунный пруток диаметром 7 *мм*; *2*—шлейф из медного провода диаметром 1,5 *мм*; *3*—пластина из полистирола размером 50×25×10 *мм*; *4* — заклепки или винты с гайками; *5* — вращающаяся мачта; *6* — места присоединения согласующего устройства по рис. 22-14.

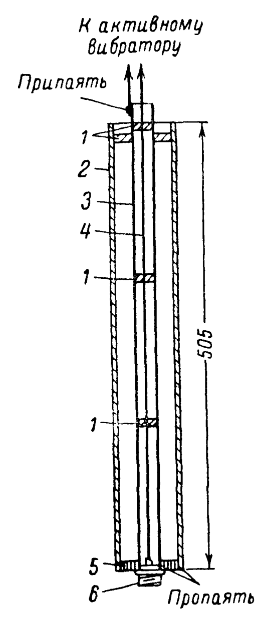


Рис. 22-14. Симметрирующее согласующее устройство (в разрезе).

1 — полистироловый диск; *2* — латунная или медная труба с внешним диаметром 60 *мм*, толщина стенки 1—1,5 *мм*; *3* — латунная или медная труба с внешним диаметром 20 *мм*, толщина стенки 1—1,5 *мм*; *4* — медная проволока диаметром 1,3 *мм*; *5*—латунный или медный диск диаметром 5—6 *мм*; *6* — гнездо коаксиального разъема.

ности при удлинении антенны увеличиваются. Однако с увеличением длины антенны уменьшается ширина пропускаемой ею полосы частот.

Конструктивно такая антенна выполняется аналогично антенне типа «волновой канал» для приема телевизионных передач (рис. 22-3), но должна иметь большее число директоров.

Рекомендуемая для любительской связи на 2-метровом диапазоне антенна состоит из петлевого вибратора длиной 980 *мм* (рис. 22-12 и 22-13), рефлектора длиной 1 040 *мм* и восьми директоров длиной по 930 *мм*. Увеличение числа директоров повышает усиление, а значит, и чувствительность антенны при приеме. Коэффициент усиления ее по мощности несколько превышает 13 *дб*. В случае необходимости по конструктивным соображениям длину ее можно уменьшить за счет удаления передних директоров, но при этом коэффициент усиления уменьшится.

Рефлектор, петлевой активный вибратор и восемь директоров прикреплены к дюралюминиевой или стальной трубке винтами. Рефлектор и директоры изготовляются из 4-*мм* алюминиевого, латунного или медного провода. Петлевой активный вибратор изготовлен из 7-*мм* алюминиевого или латунного прутка, к которому приклепаны шлейфы из 1,5-*мм* медного провода (рис. 22-13).

Расстояния до двух ближайших к активному вибратору директоров рекомендуется отрегулировать окончательно при налаживании антенны.

Для согласования антенны с коаксиальной фидерной линией следует применить устройство, показанное на рис. 22-14. Его устанавливают у середины активного вибратора.

22-12. СПИРАЛЬНАЯ АНТЕННА ДЛЯ СВЯЗИ НА 2-МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Спиральная антенна, имеет некоторые преимущества по сравнению с антенной «волновой канал», но зато имеет менее прочную и трудно осуществимую конструкцию. Спиральная антенна может дать преимущества при сверхдальнем приеме, например с использованием отражения от Полярного сияния. Согласование спиральной антенны с коаксиальным фидерным кабелем осуществляется без дополнительного устройства.

Спиральная антенна по рис. 22-15 может работать вполне хорошо в диапазоне 95—195 *Мгц*, в то время как описанная в преды-

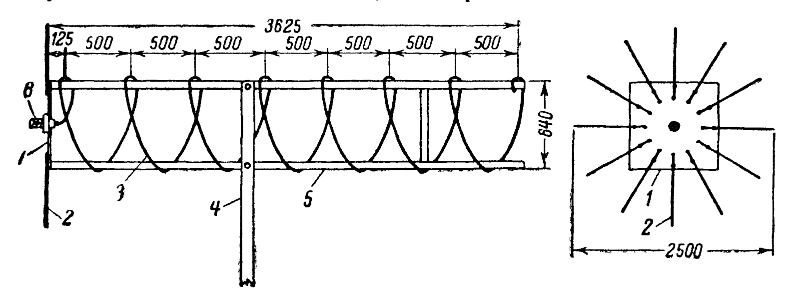


Рис. 22-15. Спиральная антенна.

1 — алюминиевый лист квадратный или круглый размером 640×640 *мм*; *2*—алюминиевые проводнички ∅ 2—3 *мм*; *3* — алюминиевый провод ∅ 5—6 *мм* длиной 18 *м*, намотанный в спираль и прикрепленный к каркасу *5* гвоздиками; *4* — деревянная мачта; *5* — деревянный каркас спирали размером 25×40×3 640 *мм*; *6* — коаксиальное штепсельное гнездо.

дущем параграфе антенна волновой канал работает хорошо только в диапазоне 144—146 *Мгц*. Усиление спиральной антенны во всем диапазоне около 13 *дб*.

К алюминиевому листу прикреплены радиально 12 алюминиевых проводников. Спираль изготовляется из алюминиевого провода диаметром 4—6 *мм*. Длина каждого витка 207 *см*; всего имеется полных 7 витков, но по желанию число их можно увеличить до 8—9. Спираль заканчивается коаксиальным разъемом, прикрепленным к алюминиевому листу.

Для соединения антенны с передатчиком и приемником нужно применить коаксиальный кабель типа РК-50.

22-13. РАСПОЛОЖЕНИЕ УКВ АНТЕНН ДЛЯ СВЯЗИ

Очень важное значение в УКВ связи имеет хорошая антенна, которая является общей как при передаче, так и при приеме. Кроме хорошего выполнения ее конструкции, не менее важное значение имеет высота ее установки. Антенна должна находиться выше по крайней мере 2—3 длин волн от зданий, высоковольтных линий, деревьев и подобных им местных препятствий в тех направлениях, в которых предвидится осуществление связи. Для осуществления приема и передачи на расстояния 100—200 *км* необходимо учитывать еще ближние возвышенности местности в направлениях приема и передачи, которые радиоволны не в состоянии огибать. Такие возвышенности можно частично «преодолеть» соответствующим увеличением высоты установки антенны.

Для приема и передачи сигналов на дальние или сверхдальние расстояния высота антенны не имеет решающего значения.

Разумеется, конструкция любительской УКВ антенны с увеличением высоты усложняется, тем более что она должна быть свободно вращающейся.

22-14. МОЛНИЕЗАЩИТА УКВ АНТЕНН

УКВ наружные антенны, как и всякие другие наружные антенны, нуждаются в защите от ударов молний и от токов, возникающих в антеннах от других атмосферных электрических процессов. Можно предложить следующие способы защиты.

Заземленное штеккерное гнездо. На небольшой панельке из изоляционного материала монтируют гнездовую часть коаксиального разъема, по своей конструкции подобную гнезду телевизора, в которое включается фидер. Панельку с гнездом укрепляют на стене поблизости от ввода фидера. К обеим частям разъема (к части, соединяемой с металлической оплеткой кабеля, и к части, с которой соединяется средняя жила кабеля) припаивают провод диаметром 2—3 *мм* и соединяют его с надежным заземлением (см. § 23-1). По окончании приема, а также при приближении грозы фидер отключают от телевизора и вставляют штепсельную часть разъема в заземленное гнездо.

Заземленный шнур. К жиле и металлической оплетке кабеля фидера непосредственно у самой штепсельной части разъема припаивают концы двухпроводного шнура длиной около 1,5 *м*. Вместо

него можно применить двухжильный провод в хлорвиниловой изоляции с жилами диаметром 1—2 *мм*. Замыкая при помощи ножа жилы шнура накоротко, начиная от его свободного конца, через каждые 5—8 *см* (рис. 22-16) находят место, где замыкание совершенно не сказывается на качестве изображения (в некоторых случаях удается даже улучшить изображение). В этом месте жилы шнура зачищают от изоляции, спаивают и присоединяют к заземлению. Лишний кусок шнура отрезают. При такой грозозащите штепсельную часть разъема во время грозы достаточно вынуть из гнезда телевизора.

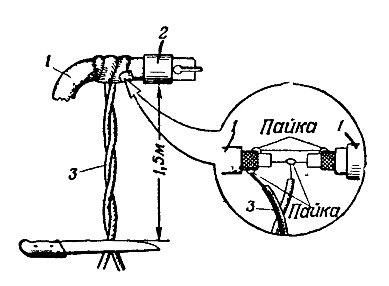


Рис. 22-16. Устройство «заземленный шнур».

1 — коаксиальный кабель; *2* — штепсельная часть коаксиального разъема; *3* — заземленный шнур.

Заземление петлевой антенны. Наружная петлевая антенна обычно заземляется при установке ее в точке *7*, находящейся точно посредине ее горизонтальной части (рис. 22-2, *г* и *д*). Такой способ заземления не сказывается на работе антенны, и поэтому она может оставаться постоянно заземленной.

Чтобы заземляющий провод не мог переломиться от раскачивания ветром, его привязывают к мачте. Изолировать провод заземления от мачты и крыши не нужно.

РАЗДЕЛ 23

УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЙ И УСТАНОВКА МАЧТ

23-1. ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Приемник с питанием от сети переменного тока не нуждается в заземлении, так как его схема заземляется по высокой частоте через емкость первичная обмотка — сердечник трансформатора питания и электросеть. Однако в некоторых случаях подключение заземления снижает фон и помехи. Батарейные приемники всегда лучше работают с заземлением. Хорошее заземление особенно необходимо при приеме на детекторный приемник.

Присоединение заземления к приемнику, шасси которого соединено с одним из проводов сети (например, «Рекорд-47», «Москвич»), которая сама часто бывает заземлена, недопустимо. Если шасси такого приемника окажется соединенным с незаземленным проводом сети, то присоединение внешнего заземления приведет к короткому замыканию ее.

В городских условиях хорошим заземлением может служить труба водопровода или центрального отопления, так как она соединяется с трубами, проложенными под землей. Трубу тщательно за-

чищают от ржавчины и краски, и на зачищенное место туго наматывают медную проволоку диаметром 1—2 *мм*. Последнюю желательно припаять к трубе. Второй конец ее соединяют с грозопереключателем и радиоприемником. Соединение провода заземления с трубами очень удобно делать с помощью металлической скобы, надеваемой на трубу. К скобе припаивают провод заземления (рис. 23-1).

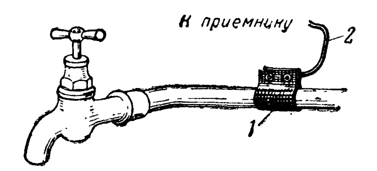


Рис. 23-1. Водопроводная труба в качестве заземления.

1 — металлическая скоба; *2*—провод заземления.

Если в доме нет водопровода и центрального отопления, возле дома вырывают яму глубиной 1,3—1,5 *м*. Яма должна быть тем глубже, чем суше почва. В яму укладывают лист железа размером не менее 0,25 $м^2$ или какой-либо металлический предмет с такой же площадью поверхности (рис. 23-2, *а*). К нему предварительно припаивают кусок провода диаметром не менее 1,5—2 *мм*. Можно использовать и моток голой проволоки (рис. 23-2, *б*). Диаметр мотка должен быть 75—100 *см*, длина провода в мотке 15—25 *м*.

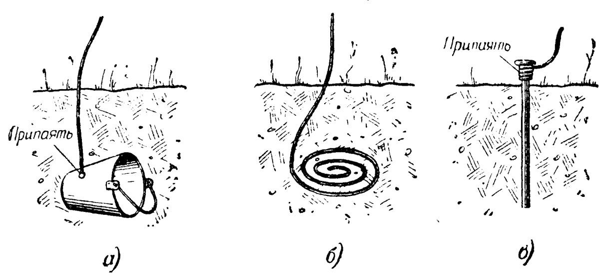


Рис. 23-2. Устройство заземления.

а — из старого ведра; *б* — из мотка провода; *в* — из стальной трубы.

Заземление можно также сделать и из железной трубы диаметром 15—20 *мм* и длиной 1—1,5 *м* (рис. 23-2, *в*). Один конец ее сплющивают, к другому приваривают провод. Труба забивается в почву на глубину 0,75—1,25 *м*. При сухой почве трубу следует забивать в вырытую заранее яму глубиной 0,5—1,25 *м*.

Конец провода от зарытого в землю листа, мотка провода или трубы укрепляют на стене дома при помощи скоб, пропускают через отверстие в оконной колоде или стене в комнату и присоединяют к грозовому переключателю.

23-2. МАЧТЫ

Антенна может быть укреплена на крыше здания или дереве. Крепление антенны (и мачт) к дымовым и вентиляционным трубам, слуховым окнам и телефонным стойкам не допускается.

При креплении радиовещательной антенны к дереву надо учитывать, что деревья раскачиваются при ветре. Для предохранения провода от разрыва при ветре и провисания при тихой погоде должен быть применен контрвес, натягивающий антенну (рис. 23-3). Вес его определяется опытным путем в зависимости от длины и конструкции антенны.

Мачты на крышах. В качестве мачты высотой до 7 *м* можно применить деревянный шест с диаметром вершины 5—8 *см* и диаметром основания не меньше 10 *см*. Мачты такой высоты обычно устанавливают на крышах зданий (рис. 23-4). Установку проще произвести на коньке крыши, для чего в нижнем торце мачты делают пропил по профилю конька крыши. Для предохранения нижней части мачты от раскалывания ее обматывают несколькими слоями проволоки диаметром 2—3 *мм*. Лучше установить мачту на дощатой площадке с гнездом по диаметру основания мачты (рис. 23-4, *а*).

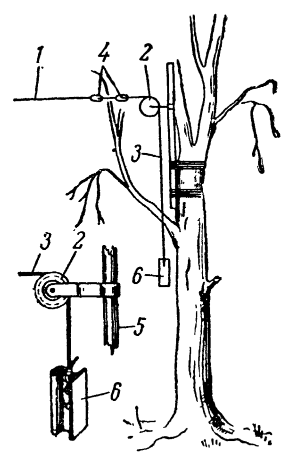


Рис. 23-3. Крепление антенны на дереве.

1 — антенна; *2*—блок; *3*—веревка или металлический трос; *4* — изоляторы; *5*—мачта; *6* — контрвес.

Мачта удерживается в вертикальном положении оттяжками из стальной, желательно оцинкованной, проволоки диаметром 3—4 *мм*. Оттяжки крепятся к мачте и крыше (рис. 23-4, *б*—*г*). Закрепление оттяжек на карнизах, в желобах и около воронок водосточных труб не допускается.

При установке любой телевизионной антенны оттяжки мачты не следует располагать вблизи вибраторов антенны. Кроме того, оттяжки следует составить из кусков провода, разделенных изоляторами. Расстояние между соседними изоляторами должно быть не более 750 *мм* для антенны для приема на каналах 1—5 и не более 330 *мм* при приеме на каналах 1—12.

Если над крышей здания подвешены электроосветительные, телефонные, радиотрансляционные или иные провода, мачту устанавливают не ближе 1 *м* от них.

Наземные мачты применяют главным образом в сельских местностях. Устанавливаются они преимущественно на земле (рис. 23-5). Такие мачты высотой 10—15 *м* могут быть изготовлены из двух-трех сращенных сосновых или еловых шестов и укреплены двумя-тремя ярусами оттяжек из стальной, желательно оцинкованной, проволоки диаметром не менее 3 *мм*. Один ряд оттяжек укрепляется у вершины мачты, а другие — на одинаковых расстояниях между основанием и вершиной. Если мачта составлена из двух-трех частей, то концы оттяжек нужно обмотать вокруг тех участков мачты, где она сращивается. Мачта из деревянного шеста должна иметь диаметр нижнего конца 12—15 *см* и верхнего 5—8 *см*.

Для закрепления нижних концов оттяжек могут быть использованы стальные трубы диаметром 25 *мм* и длиной около 2 *м*, забитые под углом в землю. Крепление оттяжек можно производить к

отрезку бревна диаметром, например, 10 *см* и длиной 1,5—2 *м*, закопанному на глубину до 1,5 *м* (так называемый «мертвяк). Перед закопкой бревна на нем прочно закрепляют проволочную петлю из стальной проволоки диаметром 3—5 *мм*, выходящей на поверхность

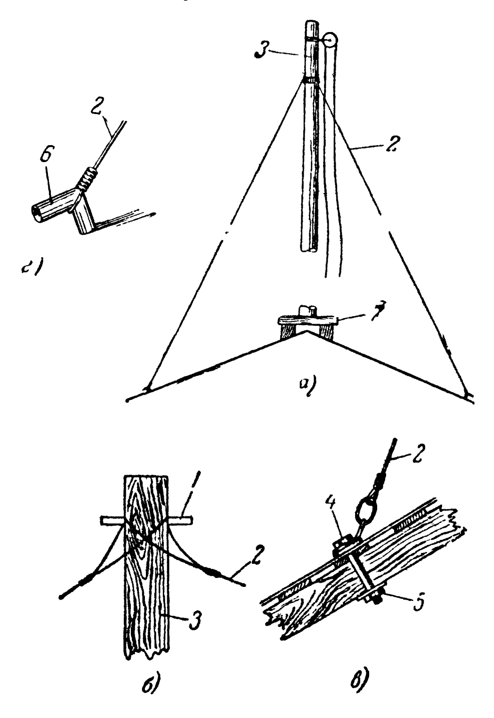


Рис. 23-4. Крепление мачты на крыше

а — установка мачты на деревянной площадке; *б* — крепление оттяжек к мачте; *в* и *г* — крепление оттяжек к крыше здания.
1 — деревянная шпилька; *2* — оттяжка; *3* — мачта; *4* — болт; *5* — гайка; *6* — костыль; *7* — деревянная площадка.

земли. К этой петле в последующем крепят оттяжки. При установке мачты на земле ее основание углубляют в землю. Нижний конец мачты для предохранения от гниения целесообразно просмолить.

При сыром и мягком грунте под мачту следует положить просмоленный кусок толстой доски, чтобы мачта не продавливала грунт.

Установка таких мачт производится силами 2 или более человек. Мачту кладут на землю так, чтобы основание ее висело над ямой, в которой она устанавливается. Подъем мачты осуществляется так: приподнимают над землей верхний конец ее и одновременно тянут

за оттяжки, которые не привязаны к проволочной петле «мертвяка». По мере подъема вершины мачты над землей ее нужно поддерживать снизу. Когда мачта встанет почти вертикально, оттяжки при-

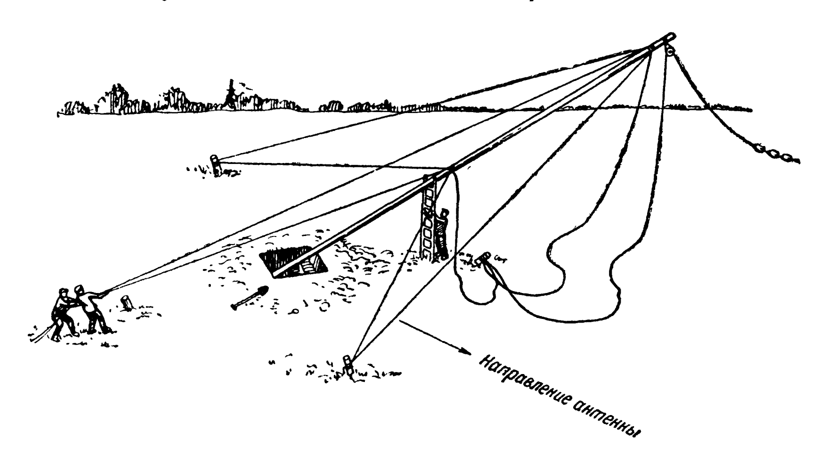


Рис. 23-5. Крепление мачты на земле.

вязывают к проволочной петле «мертвяка» и после этого регулируют натяжение отдельных оттяжек до установки мачты в вертикальное положение. Основание мачты укрепляют в яме камнями, яму засыпают землей и утрамбовывают.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ 24
ДАТЧИКИ

24-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Управлением в технике называют приведение в действие (включение, пуск), прекращение действия (выключение, остановка) и регулирование (изменение состояния, хода, положения, настройки, параметров, режима работы) процессов, механизмов, машин, установок, аппаратов, приборов и других объектов. При автоматическом управлении все эти действия производятся без непосредственного участия человека, с применением усилителей, преобразователей и генераторов электрических сигналов и других устройств, использующих методы радиотехники и радиоэлектроники.

Датчики. Одними из важнейших составных частей устройств с автоматическим управлением являются датчики. К их числу относятся автономные датчики, которые самостоятельно вырабатывают электрические сигналы (ток, напряжение), используемые для управления объектами. Примером таких датчиков являются датчики времени, создающие в заданное время в определенной последовательности, или, как говорят, «по программе», электрические сигналы, с помощью которых осуществляются включение, выключение или переключение каких-либо электрических цепей (приборов, устройств, механизмов).

Во многих устройствах встречается необходимость осуществлять автоматическое управление от воздействия различных неэлектрических величин. В этих случаях неэлектрические величины преобразовывают в электрические величины (электрические сигналы) с помощью специальных датчиков-преобразователей.

Неэлектрическими — входными — величинами могут быть размеры объектов, их линейные или угловые перемещения, плотность, скорость, ускорение, температура, давление, сила света и т. п.

Выходными электрическими величинами датчиков могут быть э. д. с. (напряжение), ток, активное, индуктивное или емкостное сопротивление и т. п.

Чувствительность датчика-преобразователя определяется как отношение изменения выходной электрической величины к вызвавшему его изменению входной неэлектрической величины.

Если чувствительность датчика мала или вырабатываемый им выходной сигнал имеет величину, недостаточную для осуществления непосредственного управления, этот сигнал подвергают усилению.

24-2. ДАТЧИКИ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Контактные датчики. Такие датчики применяют для контроля размеров деталей в процессе их изготовления. Основной частью простейшего однопредельного датчика (рис. 24-1, *а*) является толкатель,

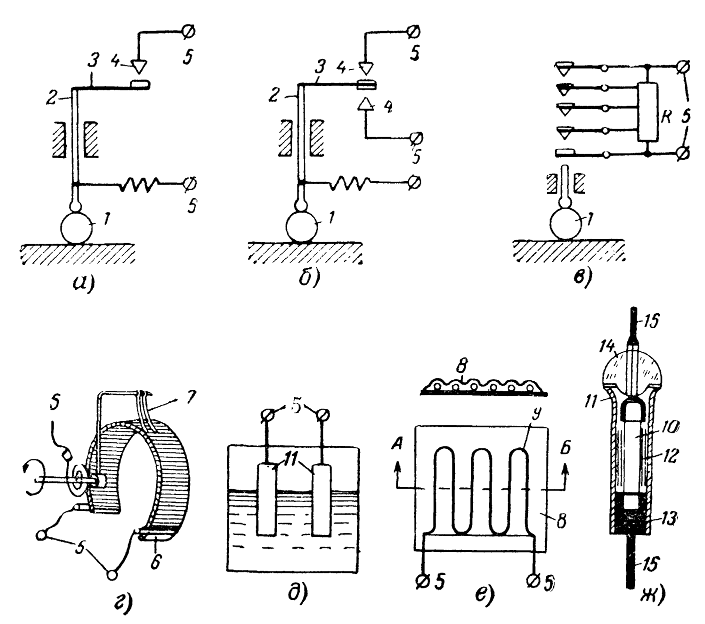


Рис. 24-1. Датчики с изменяющимся активным сопротивлением.

а — контактный однопредельный; *б* — контактный двухпредельный; *в* — контактный многопредельный; *г* — реостатный; *д* — электролитический; *е* — проволочный; *ж* — температуры — терморезистор ММТ-4, КМТ-4.

1 — контролируемая деталь; *2* — толкатель; *3* — пластинка с подвижным контактом; *4* — неподвижной контакт; *5* — выходные зажимы; *6* — изоляционная пластинка с проводом; *7* — контактная щетка; *8* — бумага; *9* — проволока; *10* — полупроводниковый стержень; *11* — корпус; *12* — фольга; *13* — олово; *14* — стеклянный изолятор; *15* — проволочные выводы.

на котором укреплена упругая металлическая пластинка с электрическим контактом. Когда размер детали превышает заранее заданную величину, этот контакт замыкается с неподвижным контактом и выходное сопротивление датчика, т. е. сопротивление между его зажимами, становится практически равным нулю. Если же размер

детали не превышает допустимого, контакты остаются разомкнутыми и выходное сопротивление датчика практически равно бесконечности.

Чаще используют двухпредельный датчик (рис. 24-1, *б*). Когда размер детали находится в пределах допусков, контакты датчика разомкнуты. При слишком большом размере детали подвижной контакт замыкается с верхним неподвижным контактом, а при слишком малом размере ее — с нижним.

В многопредельном датчике (рис. 24-1, *в*) при допустимых размерах контролируемой детали разомкнуты все контакты и выходное сопротивление датчика равно сопротивлению резистора R. При определенном, заранее заданном размере детали два нижних контакта замыкают накоротко нижнюю секцию резистора R и выходное сопротивление датчика уменьшается на некоторую величину. При больших размерах деталей замыкаются три нижних контакта, затем четыре. Наконец, когда замыкаются все контакты, выходное сопротивление датчика становится равным нулю.

Для изготовления контактных датчиков можно применить пластины от электромагнитных реле.

Реостатные датчики используют для преобразования углового или линейного перемещения объекта в изменения сопротивления или напряжения, причем выходное сопротивление изменяется плавно с изменением механического перемещения.

Реостатный датчик представляет собой проволочный переменный резистор (обычно из манганина или константана), контактная щетка которого механически связана с объектом, перемещение которого контролируется. Щетка эта может двигаться по кругу (рис. 24-1, *г*) или прямолинейно.

Датчики первого типа удобны для регистрации углового перемещения. Их можно использовать и для регистрации линейного перемещения, если применить рычаг или зубчатую рейку. Датчики второго типа можно непосредственно использовать для контроля линейного перемещения.

Когда реостатный датчик предназначается для работы с чувствительными механическими приборами, необходимо, чтобы трение между контактной щеткой и проволокой резистора было небольшим. Такой датчик можно изготовить из проволоки диаметром 0,05—0,1 *мм*. При этом получается хороший контакт между щеткой и проволокой при небольшом давлении щетки на проволоку.

Если не требуется большой точности преобразования механического смещения, то в качестве реостатного датчика можно использовать непроволочный переменный резистор.

Электролитические датчики используют для автоматического контроля и регулирования концентрации различных электролитов — водных растворов солей, кислот и щелочей (например, для контроля за содержанием солей в воде котельных установок). Если в электролит погрузить два электрода (рис. 24-1, *д*), то сопротивление между ними будет зависеть от концентрации электролита. Если датчик питать постоянным током, то из электролита будут выделяться входящие в него вещества (явление электролиза). Для предотвращения электролиза такие датчики включают в схему, питаемую переменным током.

Электроды датчика изготовляют из материалов, у которых отсутствует химическое взаимодействие с электролитом (например, из угля, серебра).

Проволочные датчики применяют в автоматике для контроля и регулирования сил и моментов различных механизмов, для контроля за растяжением, сжатием, кручением и изгибом деталей и в других случаях.

Если отрезок проволоки подвергнуть растяжению, то в результате увеличения его длины и уменьшения площади поперечного сечения сопротивление его изменится. Это явление и используется в проволочных датчиках. Для их изготовления используют проволоку диаметром 0,02—0,05 *мм* из константана, нихрома или железохромалюминиевого сплава № 2, которую приклеивают зигзагообразно к тонкой прочной бумаге (рис. 24-1, *е*) клеем БФ-2 или БФ-4. Часто на проволоку сверху также наклеивают бумагу. Датчик приклеивают к детали, удлинение которой контролируется. Сопротивление проволоки изменяется пропорционально увеличению длины детали.

Вместо проволоки можно применить полоски фольги. Они рассеивают тепло значительно лучше, чем проволока, так как площадь поверхности фольги больше площади поверхности проволоки. В связи с этим через фольговые датчики можно пропускать бóльшие токи, что позволяет в некоторых случаях применять их без усилителя.

Датчики температуры. Наиболее распространенными датчиками температуры являются терморезисторы (термосопротивления). В них используется свойство полупроводника или металлической проволоки изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры. Терморезисторы характеризуют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) — относительным изменением сопротивления термистора при нагревании его на 1° С.

Проволочный терморезистор представляет собой катушку, намотанную проводом из металла со сравнительно большим положительным ТКС (платина, никель, медь и др.), т. е. с повышением температуры сопротивление его возрастает.

ТКС проволочных терморезисторов лежит примерно в пределах 0,4—0,6%/*град*, т. е. при нагревании на 100° С сопротивление их возрастает примерно на 40—60% первоначальной величины.

Датчик, изготовленный из медного провода марки ПЭТ диаметром 0,07—0,1 *мм*, можно использовать при температурах до 150° С.

В системах автоматического управления, регулирования и измерения температуры широко применяют непроволочные полупроводниковые терморезисторы, называемые также термисторами и термосопротивлениями: медно-марганцевые типов ММТ-1, ММТ-4 и кобальтово-марганцевые типов КМТ-1, КМТ-4.

Терморезисторы типов ММТ-1 и КМТ-1 представляют собой стержни длиной 12 и диаметром 2 *мм*, изготовленные из указанных материалов. Концы стержней снабжены проволочными выводами, с помощью которых терморезисторы впаиваются в схему.

Общий вид терморезисторов типов ММТ-1 и КМТ-1 такой же, как и непроволочных постоянных резисторов типа МЛТ (см. разд. 39, рис. 39-3, *б*). Эти терморезисторы предназначаются для работы только в атмосфере с невысокой влажностью.

Терморезисторы типов ММТ-4 и КМТ-4 представляют собой полупроводниковые стержни, заключенные в герметические металлические корпуса (рис. 24-1, *ж*). С целью улучшения передачи тепла от корпуса к стержню пространство между ними заполнено оберткой из металлической фольги.

Один конец стержня утоплен в слое олова и через него соединен с корпусом. Вывод от другого конца стержня проходит через впаянный в торец корпуса стеклянный изолятор, что обеспечивает герметичность (непроницаемость для газов и жидкостей) конструкции. Благодаря этому терморезисторы типов ММТ-4 и КМТ-4 могут работать во влажной среде и жидкостях.

Чувствительность полупроводниковых терморезисторов в 10—15 раз больше чувствительности проволочных.

У полупроводниковых терморезисторов отрицательный ТКС, т. е. при нагревании сопротивление их уменьшается. С повышением температуры ТКС уменьшается. При комнатной температуре ТКС терморезисторов типов ММТ-1 и ММТ-4 лежит в пределах от —2,4 до —5%/*град*, а терморезисторов типов КМТ-1 и КМТ-4 — от —4,2 до —8,4%/*град*.

Ток через полупроводниковый терморезистор должен быть небольшим, иначе терморезистор будет заметно разогреваться и температура его будет выше температуры контролируемой среды, а это приведет к погрешности в регулировании или измерении температуры.

Полупроводниковые терморезисторы характеризуют допустимой мощностью рассеивания, не вызывающей заметного разогрева их. Для терморезисторов типов ММТ-1, ММТ-4, КМТ-1 и КМТ-4 она составляет 1—2 *мвт*.

В качестве датчика температуры можно применить полупроводниковый диод, подавая на него обратное напряжение. При этом используется сильная зависимость от температуры обратного тока электроннодырочного перехода (см. § 38-4).

24-3. ИНДУКТИВНЫЕ ДАТЧИКИ

Индуктивные датчики применяют для контроля размеров деталей, преобразования механических перемещений и т. п. Работа их основана на свойстве катушки с сердечником из стали изменять свою индуктивность при перемещении сердечника (якоря) внутри катушки или при изменении воздушного зазора в сердечнике.

В индуктивном датчике с втяжным якорем (рис. 24-2, *а*) механическая сила перемещает якорь внутри катушки. Когда якорь выводится из катушки, индуктивное сопротивление ее уменьшается, а при введении якоря в катушку — возрастает. Такие датчики могут использоваться для преобразования механических перемещений до 10 *мм*. При площади сечения якоря 7 *см*^{2} и напряжении на датчике 12 *в* на катушку нужно намотать 1 200—1 500 витков провода ПЭЛ 0,44 (при частоте питающего тока 50 *гц*).

Индуктивный датчик с притяжным якорем (рис. 24-2, *б*) имеет бóльшую чувствительность. Однако он может использоваться лишь для преобразования перемещений не более 2—3 *мм*. При сечении сердечника 7 *см*^{2} и напряжении на датчике 18 *в* каждая катушка должна иметь 300—500 витков провода ПЭЛ 0,44 (при частоте 50 *гц*).

Индуктивный трансформаторный датчик (рис. 24-2, *в*) представляет собой трансформатор с двумя обмотками и воздушным зазором в магнитной цепи. Если обмотку *I* подключить к источнику переменного тока, то напряжение на обмотке *II* будет зависеть от

величины зазора. Для изготовления такого датчика можно использовать сердечник от малогабаритного выходного трансформатора радиоприемника. При включении его на напряжение 24 *в* переменного тока частотой 50 *гц* обмотка *I* должна иметь 800—1 000 витков про-

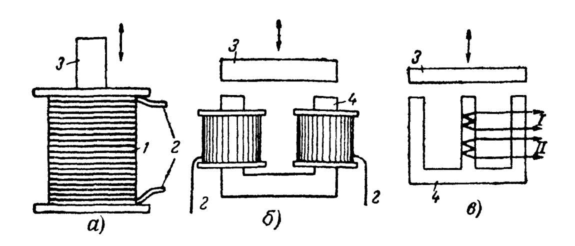


Рис. 24-2. Индуктивные датчики.

а — с втяжным якорем; *б* — с притяжным якорем; *в* — трансформаторный.
1 — катушка; *2* — выводы катушки; *3* — якорь; *4* — неподвижная часть магнитопровода.

вода ПЭЛ 0,44 (при сечении сердечника 7 *см*^{2}). Число витков и диаметр провода обмотки *II* определяются схемой, в которую включается датчик.

24-4. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Фотоэлектрические датчики преобразуют изменения падающего на них светового потока в изменения электрического тока. Их применяют для автоматического контроля и регулирования уровня жидкостей, давления, для счета деталей на конвейерах, автоматической сортировки материалов и изделий по размерам, форме, цвету, чистоте отделки, при упаковке и транспортировке изделий, в технике безопасности, в автоматах для управления освещением, для автоматического контроля расхода жидкостей, регулирования температуры и во многих других случаях.

По принципу действия фотоэлектрические датчики разделяют на: 1) фотоэлементы с внешним фотоэффектом; 2) фоторезисторы (фотоэлементы с внутренним фотоэффектом, фотосопротивления); 3) вентильные фотоэлементы.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом. В них используется свойство некоторых металлов испускать электроны под действием падающего на них света (внешний фотоэффект). Такой фотоэлемент представляет собой стеклянный баллон, внутри которого находятся два электрода: анод и фотокатод (рис. 24-3). Анод выполняется в виде тонкого проволочного кольца, расположенного в середине баллона, или проволочной сетки. Фотокатод представляет собой слой серебра (подложка) на внутренней поверхности баллона или расположенной внутри баллона пластинке; на подложку нанесен слой щелочноземельного металла цезия. В баллоне оставляют прозрачный участок, чтобы через него на катод мог падать световой поток. Анод подключается к плюсу источника постоянного тока, а катод —

к минусу. Такие фотоэлементы имеют в своем обозначении букву Ц (цезий).

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом бывают вакуумными и газонаполненными. Первые имеют в наименовании типа букву В, а вторые — Г (табл. 24-1).

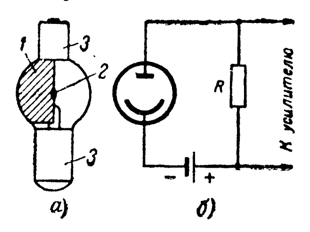


Рис. 24-3. Устройство фотоэлемента с внешним фотоэффектом (*а*) и схема включения его (*б*).

1 — катод; 2 — анод; 3 — выводы электродов.

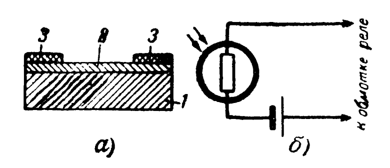


Рис. 24-4. Устройство фоторезистора в разрезе (*а*) и схема включения (*б*).

1 — стеклянная пластинка; 2 — слой полупроводника; 3—токоподводящие электроды.

Таблица 24-1

Параметры фотоэлементов с внешним фотоэффектом

Сурьмяно-цезиевые вакуумные			Кислородно-цезиевые газонаполненные		
Тип фотоэлемента	Предельно допустимое напряжение, *в*	Минимальная чувствительность, *мка/лм*	Тип фотоэлемента	Предельно допустимое напряжение, *в*	Минимальная чувствительность, *мка/лм*
СЦВ-3	240	80	ЦГ-1	240	75
СЦВ-4	240	80	ЦГ-3	240	100
СЦВ-51	240	80	ЦГ-4	240	100

При освещении фотокатода из него вылетают свободные электроны, которые притягиваются анодом. В вакуумных фотоэлементах фототок (ток в цепи анода) образуется только электронами, вылетающими из фотокатода.

В баллоне газонаполненного фотоэлемента имеется небольшое количество инертного газа. Электроны, вылетающие из катода, ионизируют газ. Вследствие этого фототок в газонаполненном фотоэлементе создается не только электронами, вылетевшими из катода, но и электронами и ионами, получающимися в результате ионизации газа.

Ч у в с т в и т е л ь н о с т ь   ф о т о э л е м е н т а (важнейшая характеристика его) равна отношению величины фототока во внешней цепи фотоэлемента к величине действующего на него светового потока; единица измерения чувствительности — *мка/лм*.

Таблица 24-2

Параметры фоторезисторов

Тип фоторезистора	ФС-А1	ФС-А4	ФС-К0	ФС-К1	ФС-К2	ФС-Д0	ФС-Д1
Максимальная чувствительность, *ма/лм*	7,5	7,5	750	1 200	750	4 000	4 000
Удельная чувствительность, *ма/лм·в*	0,5	0,5	2,5	3	2,5	20	20
Предельно допустимое напряжение, *в*	15	15	300	50	300	200	20
Темновое сопротивление, *ком*	22—1000	10—100	3 000	3 300	3 000	1 000	2 200
Кратность изменения сопротивления	1,2*	1,2*	35**	100*	35**	—	150
Площадь светочувствительной поверхности, *см*^{2}	0,24	0,24	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Предельно-допустимая мощность рассеивания, *вт****	0,01	—	0,2	0,1	0,15	—	0,05

* При освещенности 200 *лк*.
** При освещенности 100 *лк*.
*** При комнатной температуре и освещенности 200 *лк*.

Благодаря явлению ионизации газа чувствительность газонаполненных фотоэлементов в 5—10 раз выше чувствительности вакуумных.

Фоторезисторы. Действие их основано на свойстве полупроводников изменять сопротивление электрическому току при воздействии на них света.

Устройство фоторезисторов см. рис. 24-4. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой полупроводника (у фоторезисторов ФС-А1, ФС-А4 — сернистый свинец, у ФС-К0, ФС-К1, ФС-К2 — сернистый кадмий и у ФС-Д0 и ФС-Д1 — селенид кадмия), на поверхности которого помещены токоподводящие электроды в виде тонких металлических слоев. К последним припаяны контакт-

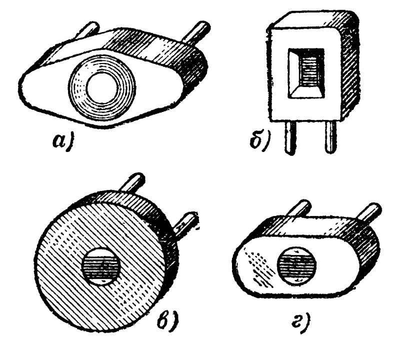


Рис. 24-5. Фоторезисторы.
а — ФС-А1; *б* — ФС-А4; *в* — ФС-К1; *г* — ФС-К2.

ные выводы. Фоторезисторы не требуют помещения их в герметичный баллон. Для их нормальной работы достаточна защита полупроводника тонкой прозрачной пленкой лака, нанесенной непосредственно на слой полупроводника.

Чувствительность фоторезистора возрастает с увеличением приложенного к нему напряжения. В связи с этим фоторезисторы характеризуют удельной и максимальной чувствительностью (табл. 24-2). Удельная чувствительность определяется при напряжении на фоторезисторе, равном 1 *в*, а максимальная — при предельно допустимом напряжении. Чувствительность при других напряжениях определяется путем умножения удельной чувствительности на величину напряжения. Кроме того, фоторезисторы характеризуются кратностью изменения сопротивления, показывающей, во сколько раз уменьшается сопротивление при переходе от темноты к определенной освещенности, которую обычно берут равной 100 или 200 *лк*.

К параметрам фоторезисторов относится также темновое сопротивление, определяемое при полностью затемненном фоторезисторе.

Фоторезисторы могут рассеивать мощность, не превышающую определенного предельно допустимого значения. В противном случае фоторезистор значительно нагреется и выйдет из строя.

РАЗДЕЛ 25

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ

25-1. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЛЕ

Реле — это устройства, включающие, выключающие или переключающие электрические цепи с помощью электрического тока. В аппаратуре автоматического управления наибольшее распространение имеют электромагнитные реле.

Основой всякого электромагнитного реле является электромагнит. Отсюда эти реле и получили свое название. По роду тока, используемого для приведения реле в действие, их делят на реле постоянного и переменного тока, а по принципу действия — на нейтральные и поляризованные.

Нейтральное реле срабатывает (производит включение, выключение или переключение цепей) при любом направлении тока, проходящего через обмотку его электромагнита, а поляризованное — только при определенном направлении тока, либо при одном направлении тока переключает цепи в одном направлении, а при другом направлении тока — в другом направлении.

25-2. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НЕЙТРАЛЬНЫХ РЕЛЕ

Электромагнит состоит из катушки *1* (рис. 25-1), намотанной изолированным проводом, внутри которой помещен сердечник *2* из мягкой стали. С одной стороны он прикреплен к неподвижной части

магнитопровода *3* (ярму), а с другой стороны оканчивается полюсным наконечником *9*, который немного выступает из катушки. На ярме подвижно закреплен якорь *4*. С помощью оттяжной (возвратной) пружины *8* он удерживается на некотором расстоянии от полюсного наконечника. На якоре укреплена тонкая упругая пластинка *5* с контактом *6*. Это подвижной контакт реле[1]. Против него на некотором расстоянии расположен неподвижный контакт *7*, также укрепленный на упругой тонкой пластинке.

При пропускании тока по обмотке сердечник намагничивается и притягивает якорь. Это называется срабатыванием реле. Контакты *6* и *7* при этом замыкаются. При отключении обмотки от источника тока сердечник размагничивается, якорь под действием силы оттяжной пружины возвращается в прежнее положение и контакты *6* и *7* размыкаются.

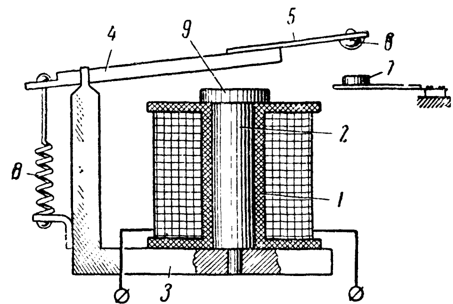


Рис. 25-1. К пояснению принципа действия электромагнитного нейтрального реле.

1 — катушка электромагнита; *2* — сердечник электромагнита; *3* — магнитопровод (ярмо); *4* — якорь; *5* — плоская контактная пружина; *6* — подвижной контакт; *7* — неподвижный контакт; *8* — оттяжная (возвратная) пружина; *9*— полюсный наконечник.

Замыкающиеся при срабатывании реле контакты используют для включения различных электрических устройств (лампы накаливания, звонка, электродвигателя и т. п.).

Электромагнитные реле могут иметь так же размыкающиеся при их срабатывании контакты.

Контакты, разомкнутые при отсутствии тока в катушке реле, называются нормально разомкнутыми (рис. 25-1), а контакты, замкнутые в этих условиях, — нормально замкнутыми. При включении тока на обмотку реле и срабатывании его нормально замкнутые контакты размыкаются, а нормально разомкнутые замыкаются.

Группа из трех контактов называется переключающей, если подвижной контакт при отсутствии тока в катушке замкнут с одним неподвижным контактом, а при срабатывании реле отходит от этого контакта и замыкается с другим неподвижным контактом.

Ток через контакты реле называют рабочим током.

Обозначения обмоток и контактов нейтрального реле на принципиальных схемах см. на рис. 0-3, *р—ф*.

Наименьшее распространение в устройствах автоматического управления имеют электромагнитные нейтральные реле, указанные ниже в табл. 25-1 и 25-2. Каждое из них имеет ряд разновидностей,

[1] В конструкциях реле промышленного производства якорь чаще всего имеет изогнутую форму, а пружина с контактом не имеет жесткой механической связи с якорем (см. ниже).

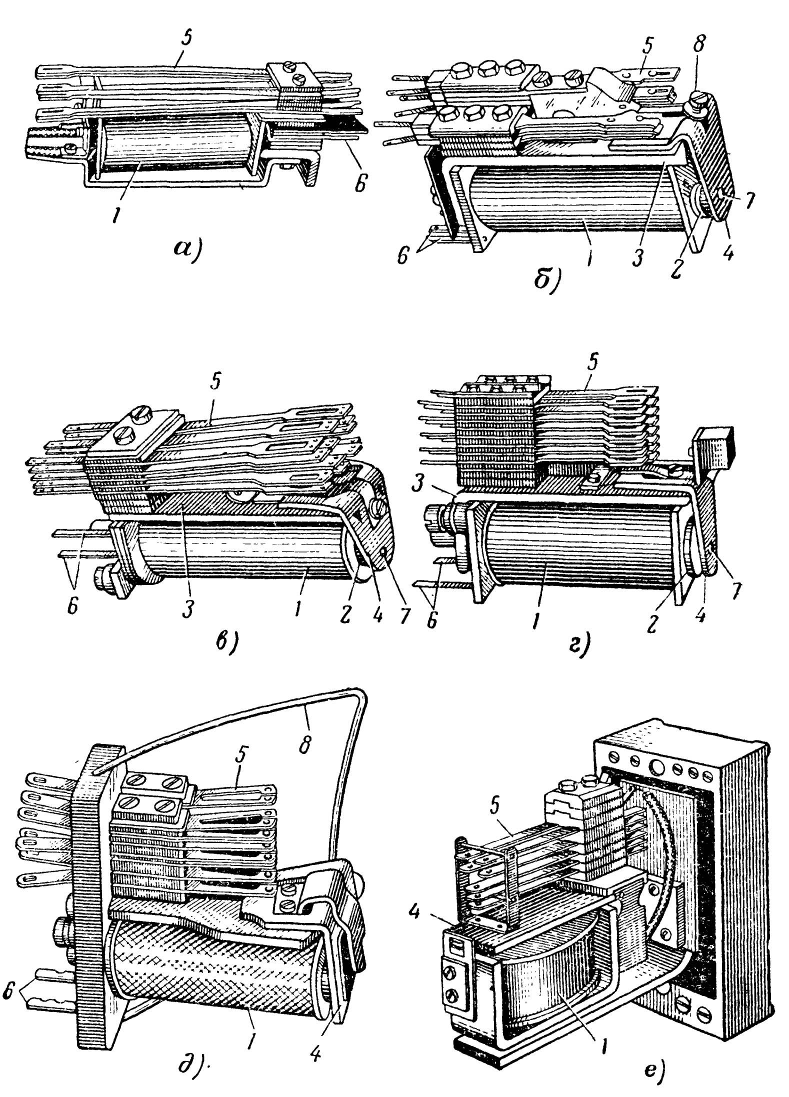


Рис. 25-2. Нейтральные электромагнитные реле.

а — РПН; *б* — РКН; *в* — РКМ; *г* — РКМП; *д* — РС-13 (кожух снят); *е*—МКУ-48 (кожух снят).

1 — катушка электромагнита; *2* — полюсный наконечник сердечника; *3* — магнитопровод (ярмо); *4* — якорь; *5* — пружины с контактами; *6*—выводы обмотки; *7* — штифт, предохраняющий от «залипания» якоря; *8* — пружина для закрепления кожуха.

различающихся количеством обмоток, числом витков и сопротивлением обмоток, а также количеством контактов.

Реле РПН (рис. 25-2, *а*) имеет плоский якорь и сердечник. Его нужно монтировать в положении, при котором бо́льшая сторона якоря находится в вертикальной плоскости. При отклонении от этого положения вес якоря влияет на ток срабатывания реле. Поэтому реле РПН может работать только в стационарной (неподвижной) аппаратуре.

При включении, выключении и переключении электрических устройств и цепей без индуктивностей (например, лампы накаливания) рабочий ток через контакты не должен быть больше 0,2 *а* при напряжении 60 *в*. Если же ток или напряжение превышает указанные значения или реле коммутирует цепи с индуктивностями, то срок службы реле (см. ниже) уменьшается. Степень этого уменьшения определяется тем, на сколько ток и напряжение превышает указанные выше значения.

Некоторые разновидности реле РПН изготовляются с замедленным опусканием якоря после выключения тока в обмотке. Эти реле имеют на сердечнике под рабочей обмоткой короткозамкнутую обмотку из неизолированной медной проволоки диаметром 0,5 *мм*.

Реле РПН имеют контактные системы, состоящие из одной — трех контактных групп. Каждая группа может иметь две — шесть контактных пружин.

Реле РКН (рис. 25-2, *б*) имеет круглый сердечник и изогнутый якорь. В отличие от реле РПН оно нормально работает в любом положении, не боится тряски и поэтому может применяться в переносных приборах. Регулировка тока срабатывания реле осуществляется путем изменения хода якоря. Для этого осторожно изменяют изгиб якоря.

Быстродействующие реле РКН имеют сердечник без полюсного наконечника. Передняя щека катушки этих реле изготовляется из гетинакса (у обычных реле РКН передняя щека изготовляется из красной меди). Замедленные реле РКН имеют на сердечнике массивные втулки из красной меди; от их длины зависит время замедления.

Контактная система реле РКН имеет одну-две контактные группы; каждая группа может содержать одну — девять контактных пружин.

Контакты реле РКН выдерживают 10 млн. срабатываний в случае активной нагрузки постоянным током 0,2 *а* при напряжении 60 *в* или 100 тыс. срабатываний при нагрузке 2 *а*, 36 *в*.

Реле РКМ (рис. 25-2, *в*) отличается от двух предыдущих меньшими размерами. По конструкции реле РКМ похоже на реле РКН. Реле РКМ могут работать в переносной и подвижной аппаратуре.

Замедленные на отпускание реле РКМ имеют на сердечнике под рабочей обмоткой короткозамкнутую обмотку из неизолированной медной проволоки.

Контактная система реле РКМ состоит из одной — трех контактных групп, каждая из которых может иметь две — пять контактных пружин.

Реле РКМП (рис. 25-2, *г*) по конструкции похоже на реле РКН, но отличается от него несколько меньшими размерами. Реле предназначено для работы в передвижных установках. Его контактная

система состоит из одной-двух контактных групп; каждая группа имеет одну—девять контактных пружин.

Контакты выдерживают 100 тыс. срабатываний при активной нагрузке 2 *а*, 32 *в* или 0,1 *а*, 300 *в* постоянного тока, а также 10 млн. срабатываний при нагрузке 0,2 *а*, 60 *в*.

Реле РС-13 (рис. 25-2, *д*) предназначено для работы в подвижных установках. Его контактная система состоит из двух контактных групп, каждая из которых может иметь две — девять контактных пружин. Механизм реле закрыт съемным металлическим чехлом.

Реле МКУ-48 и МКУ-48С предназначены для коммутирования электрических цепей постоянного и переменного тока в стационарной аппаратуре.

По конструктивному исполнению реле МКУ разделяются на реле с пластмассовым основанием и защитным кожухом (рис. 25-2, *е*) и реле без них. Как правило, реле МКУ-48С имеют основание и защитный кожух, а реле МКУ-48 не имеют их. Если в аппаратуре нужно применить несколько реле без кожуха, то для уменьшения взаимного подогрева реле их необходимо монтировать на расстоянии не менее 20 *мм* друг от друга.

По роду рабочего тока в катушке реле разделяются на реле постоянного и переменного тока.

Реле постоянного тока в зависимости от сопротивления обмотки рассчитаны на работу при номинальных напряжениях 12, 24, 30, 48, 60, 110 и 220 *в*, а реле переменного тока — при номинальных напряжениях 12, 24, 36, 60, 110, 127, 220 и 380 *в*.

Реле переменного тока отличаются от реле постоянного тока конструкцией сердечника. Выступающий из катушки свободный конец сердечника реле переменного тока разрезан на две части, одна из которых охвачена короткозамкнутым витком в виде нескольких шайб из красной меди. Короткозамкнутая обмотка устраняет дрожание подвижных частей реле при питании обмотки его переменным током.

Контакты реле длительное время выдерживают постоянный и переменный ток 5 *а* и позволяют коммутировать цепи с индуктивной нагрузкой 2 *гн* и напряжением до 220 *в* при мощности постоянного тока до 50 *вт* и переменного тока до 500 *вт*.

Реле РСМ, РЭС-6, РЭС-9 и РЭС-10 (рис. 25-3) отличаются малыми габаритными размерами. Они предназначены для работы в малогабаритной переносной и подвижной аппаратуре.

Реле РСМ имеют по две пары пружин с серебряными контактами; каждая пара может коммутировать постоянный ток до 1 *а* при напряжении до 28 *в*. Реле типа РСМ-1 имеет два нормально разомкнутых, РСМ-2 — один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый, а РСМ-3 — два нормально замкнутых контакта. Реле защищено съемным кожухом из пластмассы, на котором указано расположение выводов обмотки и контактов.

Реле РЭС-6 имеют магнитную систему, аналогичную магнитной системе реле РСМ, но длина сердечника и корпуса больше. Эти реле могут иметь один или два переключающих контакта, два нормально разомкнутых или нормально замкнутых контакта либо один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый контакт. Контакты реле РЭС-6 выдерживают до 150 тыс. срабатываний (замыканий и размыканий) при активной нагрузке 2 *а*, 30 *в*, до 5 тыс. срабатываний при 6 *а* и 28 *в* или 250 тыс. срабатываний при 0,3 *а* и 250 *в*.

Реле РЭС-9 имеет два переключающих контакта из серебра или платино-иридиевого сплава. Серебряные контакты выдерживают 300 тыс. срабатываний при активной нагрузке постоянным током 2 *а*, 30 *в* или 0,3 *а*, 250 *в*, а при активной нагрузке переменным током (50 *гц*) 0,2 *а*, 115 *в* 100 тыс. срабатываний. Контакты из платино-иридиевого сплава выдерживают 100 тыс. срабатываний при активной нагрузке 0,8 *а*, 30 *в* постоянным током. Кожух реле металлический несъемный.

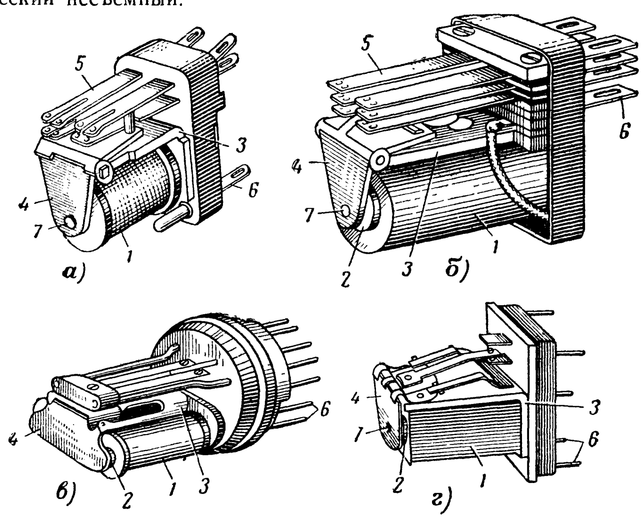


Рис. 25-3. Малогабаритные нейтральные электромагнитные реле (показаны без кожухов).

а — РСМ; *б* — РЭС-6; *в* — РЭС-9; *г* — РЭС-10.
Цифровые обозначения деталей реле см. подпись к рис. 25-2.
Реле РЭС-6, РЭС-9 и РЭС-10 показаны в увеличенном масштабе.

Реле РЭС-10 отличается крайне малыми габаритными размерами (26×10,6×16 *мм*). Оно может иметь один нормально разомкнутый или переключающий контакт. Реле выдерживает 100 тыс. срабатываний при активной нагрузке.

25-3. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ РЕЛЕ

Характер работы поляризованного реле в отличие от нейтрального зависит от направления тока в его обмотке, т. е. от полярности напряжения на концах ее. Отсюда и название — поляризованные реле. Такая работа достигается применением в поляризованных реле постоянных магнитов.

Поляризованные реле обладают значительно более высокой чувствительностью (срабатывают при меньших токах в катушке) и большей скоростью срабатывания, чем нейтральные реле.

Принцип действия. Основными частями поляризованного реле являются две катушки *1* (рис. 25-4), намотанные изолированным проводом, постоянный магнит *2*, неподвижная часть магнитопровода *3* (ярмо) и якорь *4*. Ярмо оканчивается двумя полюсными наконечниками. Между ними свободно перемещается якорь. Укрепленный на якоре подвижной контакт *5* может быть замкнут с правым или левым (по чертежу) неподвижным контактом *6*. Последние укреплены на регулировочных винтах *7*.

При отсутствии тока в катушках на якорь действуют две противоположно направленные магнитные силы: F_1 и F_2, образованные постоянным магнитом. Направление действия этих сил показано на рис. 25-4 стрелками. Магнитная сила F_1 притягивает якорь к левому полюсному наконечнику, а сила F_2 — к правому. Когда якорь одинаково удален от обоих полюсных наконечников, действующие на него магнитные силы равны по величине и противоположны по направлению и подвижной контакт не замкнут ни с одним из неподвижных. Это положение якоря называется нейтральным. Оно отмечено на рис. 25-4 пунктирной линией *8*. Нейтральное положение якоря является неустойчивым (исключение — реле с трехпозиционной регулировкой см. ниже). Если якорь хотя бы немного отклонится от этого положения (например, при небольшом сотрясении реле), ра-

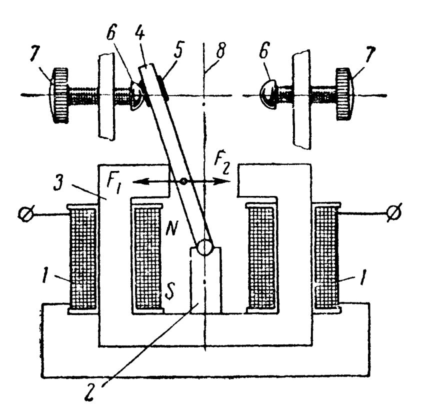


Рис. 25-4. К пояснению принципа действия электромагнитного поляризованного реле.

1 — катушка электромагнита; *2* — постоянный магнит; *3* — магнитопровод; *4*—якорь; *5* — подвижной контакт; *6* — неподвижный контакт; *7* — регулировочный винт; *8* — линия нейтрального положения якоря.

венство магнитных сил, действующих на якорь, нарушается. Последний начинает отклоняться в направлении действия большей магнитной силы и будет двигаться до тех пор, пока не упрется в неподвижный контакт. Это крайнее положение якоря в отличие от нейтрального устойчиво.

Для переброски якоря в другое крайнее положение обмотку реле надо подключить к источнику постоянного тока. При протекании по обмотке тока на якорь действует дополнительная магнитная сила, образованная током. Направление действия этой силы определяется направлением тока в обмотке. При определенном направлении тока и достаточной величине его якорь перебрасывается в другое крайнее положение. Для того чтобы якорь возвратился в первоначальное положение, необходимо в зависимости от регулировки реле (см. ниже) выключить ток в обмотке или изменить направление этого тока.

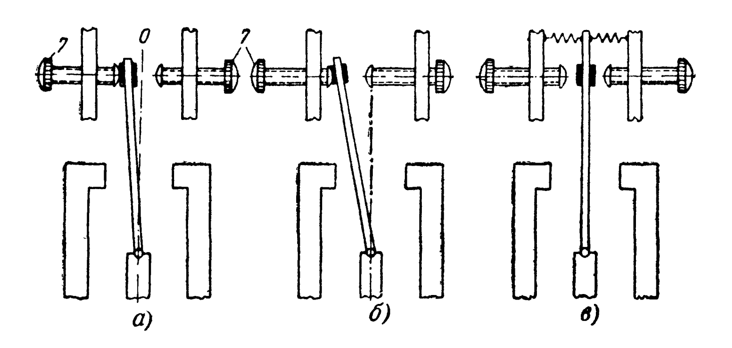


Рис. 25-5. Способы регулировки поляризованных реле.

а — двухпозиционная нейтральная; *б* — то же с преобладанием; *в*—трехпозиционная.

Положение якоря поляризованного реле после отключения катушки его от источника тока зависит от положения регулировочных винтов 7 реле (рис. 25-5). Если контакты этих винтов (рис. 25-5, *а*) расположены симметрично по отношению к нейтральной линии *0*, то для переброски якоря из крайнего левого положения в правое или из правого в левое необходим ток в катушке одинаковой величины, но противоположного направления. При отсутствии тока в катушке контакт якоря замкнут с тем контактом регулировочного винта, к которому он был переброшен при включении тока. Таким образом, при отсутствии тока в обмотке якорь может находиться в одном из двух положений: крайнем левом или крайнем правом. Такая регулировка реле называется двухпозиционной нейтральной. Реле с такой регулировкой обычно имеют в обозначении цифру 4 или 6.

При другой регулировке поляризованного реле, называемой двухпозиционной с преобладанием (рис. 25-5, *б*), один из контактов регулировочных винтов выдвигается за нейтральную линию (на рис. 25, *б* выдвинут контакт правого винта). В этом случае после выключения тока якорь самостоятельно возвращается к одному и тому же контакту (на рис. 25-5, *б* — к контакту левого регулировочного винта). Реле с такой регулировкой обычно имеют в обозначении цифру 7 или 9.

Поляризованные реле могут иметь так называемую трехпозиционную регулировку. В этом случае при отсутствии тока в катушке пружина удерживает якорь в среднем положении (на рис. 25-5, *в* показаны спиральные пружины; в практических конструкциях реле

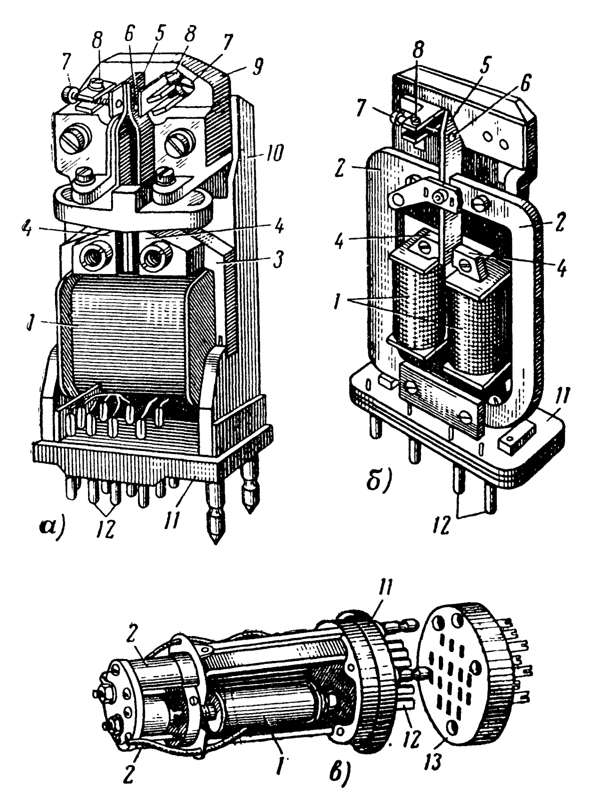


Рис. 25-6. Поляризованные электромагнитные реле (у всех реле кожухи сняты).

а — РП-4, РП-5, РП-7; *б* — ТРМ; *в* — РПС-4, РПС-5, РПС-7. *1* — катушка электромагнита; *2* — постоянный магнит; *3* — магнитопровод; *4* — полюсные наконечники; *5* — якорь; *6* — контакт якоря; *7* — регулировочные винты; *8* — стопорные винты; *9* — керамическое основание; *10* — металлическое основание; *11* — штепсельная колодка; *12* — контакты (ламели); *13* — переходная колодка.

их нет; якорь подвешивается на плоской пружине в месте вращения его). При включении тока на катушку, в зависимости от направления его, контакт якоря замыкается либо с правым, либо с левым неподвижным контактом. Такие реле имеют в обозначении цифру 5 или 8.

Обозначения поляризованных реле на принципиальных схемах см. рис. 0-3, *х*.

Поляризованные реле РП-4, РП-5 и РП-7 (рис. 25-6, *а*) конструктивно выполнены одинаково. Реле РП-5 имеет лишь более толстую подвесную пружину якоря (0,28 *мм* вместо 0,23 *мм*).

Выводы от обмоток и контактов реле подведены к плоским ламелям штепсельной колодки. Включение реле в схему осуществляется с помощью переходных колодок с 16 гнездами, в которые вставляются ламели штепсельной колодки. Такая конструкция позволяет производить быструю замену реле.

Чем меньше зазор между подвижным контактом на якоре и неподвижным, тем при меньшем токе через обмотку реле срабатывает. Изменение зазора осуществляется вращением регулировочных винтов. После окончания регулировки реле стопорные винты закручиваются. Зазор между контактами устанавливается для реле РП-4 не менее 0,06 *мм*, для РП-5 — 0,08 *мм* и для РП-7 — 0,07 *мм*.

Реле РП-6, РП-8 и РП-9 по конструкции подобны, а по размерам одинаковы с реле РП-4, РП-5 и РП-7, но они имеют по два переключающих контакта.

Реле РПБ-4, РПБ-5 и РПБ-7 отличаются от реле РП-4, РП-5 и РП-7 только тем, что якорь и неподвижные контакты крепятся на металлическом основании без керамического изолятора *9* (изоляция слюдяная). Благодаря этому характеристики реле серии РПБ более стабильны, чем характеристики реле серии РП.

Реле ТРМ выпускается только с двухпозиционной нейтральной регулировкой. Оно имеет две катушки, на каждой из которых намотано по две обмотки с сопротивлениями 85 и 130 *ом*. Неодинаковые по сопротивлению обмотки различных катушек соединены последовательно, образуя две обмотки с одинаковым сопротивлением 215 *ом*. Эти реле имеют микрометрические регулировочные винты с неподвижными контактами. На винтах нанесены деления через 0,01 *мм*. После установки требуемого зазора между подвижным и неподвижным контактами регулировочные винты закрепляются стопорными винтами.

Реле РПС-4, РПС-5 и РПС-7 конструктивно выполнены одинаково. Все они имеют по одному переключающему контакту. По сравнению с реле РП реле серии РПС имеют повышенную стабильность параметров при изменениях эксплуатационных условий. Реле РПС, так же как и реле ТРМ, имеют по две катушки.

25-4. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

Важнейшими параметрами нейтральных и поляризованных электромагнитных реле являются следующие (табл. 25-1, 25-2 и 25-3).

Ток (напряжение) срабатывания — наименьшее значение тока (напряжения) в обмотке, при котором якорь притягивается к сердечнику электромагнита и замыкаются нормально разомкнутые и размыкаются нормально замкнутые контакты реле.

Для надежной работы реле рабочий ток (напряжение) в обмотке должен быть больше тока (напряжения) срабатывания. Отношение рабочего тока (напряжения) к току (напряжению) срабатывания называется коэффициентом запаса. Обычно его берут равным 1,2—4.

Таблица 25-1

Параметры электромагнитных нейтральных реле

Тип реле	РПН	РКН	РКМ-1	РКМП	РС-13	МКУ-48	МКУ-48С
Потребляемая обмоткой мощность, *вт*	—	—	0,22—3,7	—	1,44—7,2	0,53—5,6	0,53—5,6
Номинальное напряжение обмотки, *в*	$\leqslant 60$	$\leqslant 60$	—	$\leqslant 110$	24	12—220	24—220
Ток срабатывания, *ма*	1,2—1 960	1,3—375	3,3—820	4—550	9,5—220	4,5—210	7—60
Время срабатывания*, *мсек*	8—60(НД)	4—10(БД) 10—50 (НД) 50—100 (МД)	6—40	—	3—30 3,8(НД)	30 —	30 —
Время отпускания*, *мсек*	8—50(НД) 55—300(МД)	7—9(БД) 10—40 (НД) 55—400 (МД)	5—25(НД) 75(МД)	—	12—50(МД)	—	—
Количество обмоток	1—3	1—3	1—2	1—3	1—2	1	1
Сопротивление обмоток, *ом*	0,05—25 000	0,65—18 000	0,35—16 000	3—8 500	80—8 000	85—20 000	320—20 000
Габаритные размеры, *мм*	$108\times26\times35$	$100\times28\times50$	$75\times22\times37$	$80\times53\times25$	$66\times25\times56$	$94\times31\times82$	$129\times54\times113$

* БД — быстро действующее реле; НД — нормальное реле; МД — медленно действующее реле.

Таблица 25-2

Параметры малогабаритных электромагнитных нейтральных реле

Тип реле	РСМ	РЭС-6	РЭС-9	РЭС-10
Потребляемая обмоткой мощность, *вт* . .	0,8	1,5—2,5	1—1,5	0,9—1,5
Номинальное напряжение обмотки, *в* . . .	24	8—100	6—120	6—60
Ток срабатывания, *ма*	26	15—130	7—108	6—80
Время срабатывания, *мсек*	3—10	—	5—8	5—8
Время отпускания, *мсек*	2—4	—	2—3	2—3
Количество обмоток	1	1	1	1
Сопротивление обмоток, *ом*	750	30—2 500	30—9 600	45—4 500
Габаритные размеры, *мм*	38×17×26	40,5×26,5×19,5	∅21×34	26×10,6×16

Таблица 25-3

Параметры поляризованных реле

Тип реле	Мощность срабатывания, *мвт*	Ток срабатывания, *ма*	Количество обмоток	Сопротивление обмоток, *ом*	Время срабатывания, *мсек*	Предельно допустимая нагрузка контактов	
						Ток, *а*	Напряжение, *в*
Реле с двухпозиционной нейтральной регулировкой							
РП-4, РПБ-4	0,01—1,3	0,045—13,3	2; 3; 7	4,5—8 500	2,5—4,5	0,2	24
РП-6	0,75—2,5	0,6—7,2	5	130—2 250	—	0,05	120
РПС-4	0,03—0,15	0,065—0,154	2	6 500	3,5	0,2	27
ТРМ	7—9	6	2	215+215	3—4	1	—
Реле с трехпозиционной регулировкой							
РП-5, РПБ-5	0,06—1,6	0,029—20	1—7	3—10 500	5—13,5	0,2	24
РП-8	0,75—2,5	0,17—7,2	2; 5	130—6 000	—	0,2	27
РПС-5	0,008—1,6	0,044—33	1; 2; 5; 7	1,5—6 500	3,5	0,2	27
Реле с двухпозиционной регулировкой с преобладанием							
РП-7, РПБ-7	0,16—8	0,153—154	1—5; 7	1,5—8 500	3—5	0,2	24
РП-9	0,75—2,5	0,32—12	2; 5	130—8 500	—	0,2	27
РПС-7	0,1—1,6	1,6—2,0	5	2,0—2 400	3,5	0,2	27

Номинальный ток (напряжение) — это величина тока (напряжения) в обмотке, рекомендуемая заводом-изготовителем для типовых применений реле.

Ток (напряжение) отпускания — это наибольшее значение тока в обмотке (напряжения), при котором якорь реле отлипает от сердечника и размыкаются (замыкаются) контакты. Ток отпускания всегда меньше тока срабатывания.

Коэффициент возврата — отношение тока отпускания к току срабатывания.

Время срабатывания реле — интервал времени от момента подключения к катушке источника тока до момента размыкания нормально замкнутых и замыкания нормально разомкнутых контактов реле.

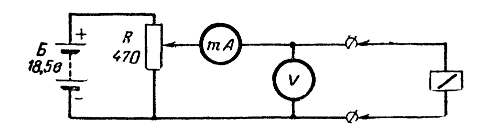


Рис. 25-7. Схема устройства для измерения тока срабатывания и тока отпускания реле с питанием от батарей.

Время отпускания (время замедления) — интервал времени от момента выключения тока через обмотку реле до размыкания (замыкания) его контактов.

Мощность (ток, напряжение), коммутируемая контактами, — это такая мощность нагрузки, подключенной к контактам реле (ток через контакты, напряжение), при которой контакты заметно не обгорают в течение заданного для данного типа реле срока службы.

Срок службы — число срабатываний реле, при котором реле надежно выполняет свои функции (нет обгорания контактов, сохраняется величина тока или напряжения срабатывания).

Схемы для измерения параметров реле. С помощью устройства, схема которого показана на рис. 25-7, можно измерить величины токов срабатывания и отпускания реле в пределах примерно 0—35 *ма* и напряжения в пределах 0—18 *в*. Устройство питается от пяти соединенных последовательно батарей КБС. В схеме применен непроволочный переменный резистор типа СП с предельно допустимой мощностью рассеивания 2 *вт*; желательно взять его с показательной или логарифмической зависимостью величины сопротивления от угла поворота оси (с буквой В или Б на корпусе — см. § 39-1). Выводы такого резистора включают в схему так, чтобы напряжение на обмотке реле в начале вращения ручки резистора нарастало медленнее, чем в конце. Это дает возможность испытывать реле с напряжением срабатывания порядка десятых долей и единиц вольта.

Вольтметр должен иметь внутреннее сопротивление 5—10 *ком/в*.

Перед подключением реле к схеме ручку переменного резистора необходимо установить в положение, при котором напряжение на выходных зажимах устройства равно нулю. Включив реле в схему, плавно увеличивают ток в его обмотке, наблюдая при этом

за якорем и контактами. Когда якорь притянется к сердечнику и контакты переключатся, по миллиамперметру отсчитывают ток срабатывания реле. Удобно к контактам реле подключить источник тока с лампочками накаливания. При этом срабатывание реле будет отмечаться зажиганием (или погасанием) этих лампочек. Аналогично определяется ток отпускания, а также напряжение срабатывания и отпускания. При испытании реле нельзя величину тока в обмотке устанавливать существенно превышающей 35 *ма*, так как при этом через переменный резистор потечет слишком большой ток и он выйдет из строя.

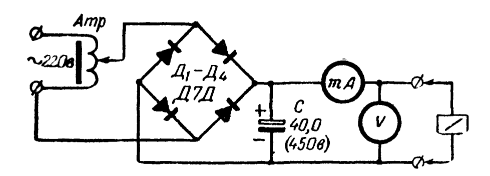


Рис. 25-8. Схема устройства для измерения тока срабатывания и тока отпускания реле с питанием от электросети переменного тока.

Чтобы определять ток срабатывания существенно больше 35 *ма*, вместо непроволочного резистора нужно применить небольшой школьный реостат.

Устройство по схеме на рис. 25-8 позволяет замерять величины токов срабатывания и отпускания примерно в пределах 0—100 *ма* при напряжении на обмотке от единиц вольт до 220 *в*.

Для регулировки напряжения применен лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), напряжение с которого подается на реле через выпрямитель по мостовой схеме. Конденсатор *С* сглаживает пульсации тока в обмотке реле.

Перед подключением реле к схеме необходимо не забывать устанавливать подвижной контакт автотрансформатора в нулевое положение во избежание порчи миллиамперметра.

25-5. РЕГУЛИРОВКА И ПЕРЕМОТКА РЕЛЕ

Ток (или напряжение) срабатывания и отпускания реле можно в несколько раз изменить путем механической регулировки его.

Ток (напряжение) срабатывания нейтрального реле изменяется при изменении силы натяжения возвратной пружины и величины хода якоря, т. е. расстояния между якорем и сердечником катушки в выключенном положении реле. При уменьшении силы натяжения возвратной пружины и хода якоря ток (напряжение) срабатывания реле уменьшается, и наоборот. В некоторых реле имеются регулировочные винты, позволяющие в определенных пределах изменять силу натяжения возвратной пружины и ход якоря.

Для уменьшения тока срабатывания реле можно рекомендовать перемотку его катушек более тонким проводом. Провод меньшего

диаметра позволяет разместить на каркасе больше витков. В этом случае для получения определенного числа ампер-витков, необходимых для притягивания якоря к сердечнику, потребуется ток в обмотке меньшей величины. Для уменьшения напряжения срабатывания катушку реле перематывают более толстым проводом.

В большинстве нейтральных реле для увеличения коэффициента возврата в якоре напротив сердечника имеется отверстие, в которое вклепан небольшой медный штифт *7* (рис. 25-2). Он выступает над поверхностью якоря со стороны сердечника на 0,1—0,3 *мм* и не дает якорю плотно прижиматься к сердечнику в сработанном положении реле Благодаря этому облегчается отлипание якоря от сердечника. Если штифт сточился в процессе длительной работы реле, то для увеличения коэффициента возврата необходимо вделать в якорь новый штифт. С той же целью можно поместить между якорем и сердечником кусочек плотной бумаги. Необходимая толщина ее определяется опытным путем.

Уменьшения тока срабатывания поляризованного реле можно достигнуть, приближая контакты регулировочных винтов к нейтральной линии *0* (рис. 25-5).

25-6. ШАГОВЫЕ ИСКАТЕЛИ

Шаговые искатели представляют собой электромагнитные механизмы, с помощью которых можно производить переключение одной или большего числа электрических цепей во многих направлениях. Они приводятся в действие импульсами постоянного тока, подаваемыми на обмотки их электромагнитов.

Шаговые искатели применяются на автоматических телефонных станциях, а также широко используются в устройствах автоматического управления.

Принцип действия. При прохождении импульса тока через катушку *1* (рис. 25-9) электромагнита якорь *2* притягивается к его сердечнику *3*. При движении к сердечнику якорь через систему рычагов *4* перемещает собачку *5*. Последняя, скользя вниз (см. по чертежу), западает в соседнюю впадину храпового колеса *6*. После прекращения тока через обмотку (окончания импульса) якорь под действием возвратной пружины *7* отходит от сердечника и через систему рычагов толкает собачку вверх. Последняя нажимает на зуб храпового колеса и поворачивает его по часовой стрелке на угол, соответствующий одному зубцовому делению. Вместе с храповым колесом на тот же угол поворачивается контактная щетка *8*, конец которой при этом перемещается на соседнюю контактную пластину (ламель) *9*. При подаче на катушку следующего импульса тока щетка передвинется на следующую контактную пластину. К контактным пластинкам поля подключаются различные электрические цепи, которые включаются поочередно импульсами тока через обмотку электромагнита.

Разновидности искателей. Описанный искатель называется шаговым искателем обратного действия. В искателях прямого действия контактные щетки перемещаются при притяжении якоря.

Промышленность выпускает искатели прямого действия типов ШИ-11 (рис. 25-10), ШИ-17 и обратного действия ШИ-25 и ШИ-50. Буквы ШИ обозначают шаговый искатель, а цифра указывает на

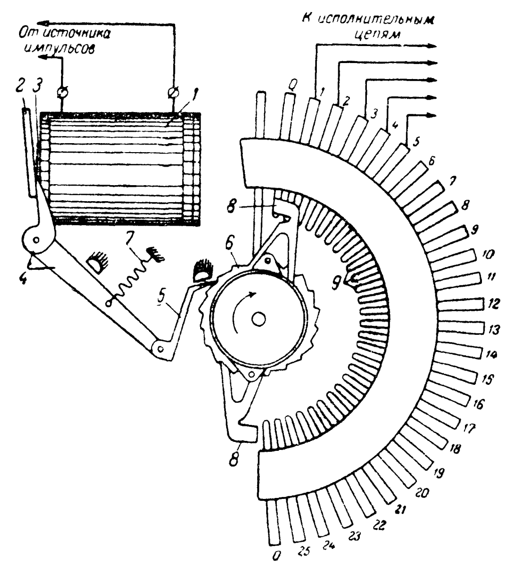


Рис. 25-9. К пояснению принципа действия шагового искателя.

1 — катушка электромагнита; *2* — якорь; *3* — полюсный наконечник сердечника; *4* — рычаг; *5* — собачка; *6* — храповое колесо; *7* — возвратная пружина; *8* — контактная щетка; *9* — контактные пластины (ламели).

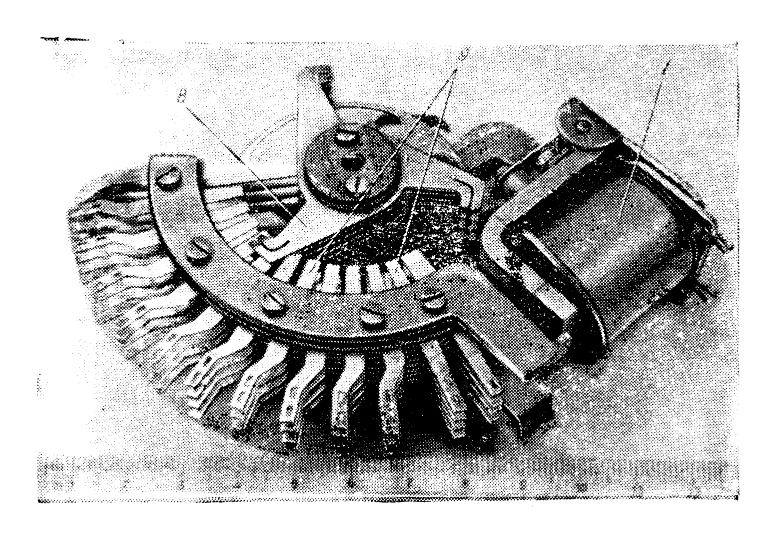


Рис. 25-10. Общий вид шагового искателя типа ШИ-11.

количество контактных пластин в ряду (10, 11, 17, 25 или 50). Кроме того, искатели отличаются друг от друга количеством рядов (4, 8 или 30) и рабочим напряжением катушки (24, 48 или 60 *в*).

Предельно допустимый ток через контакты искателя при активной нагрузке 0,1—0,2 *а*. Искатели могут срабатывать до 10 раз в секунду. Время перемещения щетки с одной контактной пластины на другую составляет 0,01—0,05 *сек*.

Искатели выдерживают 150—300 тыс. полных оборотов контактной щетки при условии чистки, смазки и подрегулировки после каждых 25 тыс. оборотов.

В радиолюбительской практике с успехом можно использовать искатели, отработавшие срок службы на автоматических телефонных станциях. Такие искатели необходимо разобрать, прочистить их контакты, смазать движущие части машинным маслом и после сборки подрегулировать. Погнутые контактные пластины и щетки следует аккуратно выпрямить пинцетом.

РАЗДЕЛ 26

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИКИ

26-1. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматические переключатели служат для периодического включения и выключения по определенной программе двух или нескольких электрических цепей (устройств).

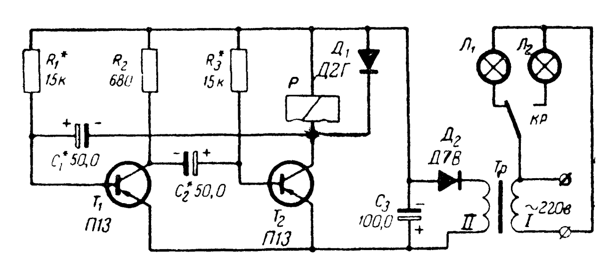


Рис. 26-1. Схема автоматического переключателя с транзисторами на два положения.

Двухпозиционный переключатель (рис. 26-1) автоматически переключает две лампы накаливания, две группы ламп накаливания или две какие-либо другие электрические цепи. Такой переключатель можно использовать, например, для переключения ламп праздничной иллюминации или елочных гирлянд.

В качестве датчика времени здесь применен генератор прямоугольных импульсов тока — мультивибратор, импульсы тока с кото-

рого подаются на обмотку реле P. Когда транзистор T_1 отперт (см. § 38-8), а транзистор T_2 заперт, коллекторного тока через обмотку реле нет и горит лампа $Л_1$. В это время конденсатор C_2 разряжается по цепи, состоящей из резистора R_3, диода $Д_2$, обмотки II трансформатора $Тр$ и отпертого транзистора T_1. По мере разряда конденсатора C_2 положительное напряжение на базе запертого транзистора T_2 уменьшается. Когда конденсатор разрядится, этот транзистор перейдет в состояние «отперт», что приведет к запиранию транзистора T_1 и быстрому (по сравнению с разрядом) заряду конденсатора C_2. При этом срабатывает реле, контакты которого KP выключают лампу $Л_1$ и включают лампу $Л_2$.

С момента перехода транзистора T_1 в состояние «заперт» начинается разряд конденсатора C_1. Когда конденсатор C_1 разрядится, транзистор T_1 отопрется, транзистор T_2 запрется и переключатель перейдет в первоначальное положение, при котором горит лампа $Л_1$. Длительность горения ее определяется в основном емкостью конденсатора C_2 и сопротивлением резистора R_3, а длительность горения лампы $Л_2$ — емкостью конденсатора C_1 и сопротивлением резистора R_1. Длительность горения ламп увеличивается при увеличении емкости конденсаторов C_1, C_2 и сопротивлений резисторов R_1, R_3, и наоборот. Для надежной работы переключателя необходимо, чтобы: а) сопротивления резисторов R_1 и R_3 не превышали величины, равной примерно половине произведения сопротивления резистора R_2 на коэффициент передачи тока β транзистора, и б) сопротивления резисторов R_1 и R_3 были не менее 2—4 *ком*. При слишком малом сопротивлении их через эмиттерные переходы транзисторов потечет недопустимо большой ток.

С учетом сказанного выше, можно установить практически необходимую длительность горения ламп в пределах от сотых долей секунды до десятка секунд. При указанных на схеме сопротивлениях и емкостях длительность горения каждой лампы 3 *сек*.

В переключателе можно применить реле РЭС-10 или другого типа с током срабатывания не более 20 *ма* и напряжением срабатывания не более 13 *в*. Сопротивление резистора R_2 должно быть равно сопротивлению обмотки реле.

Трансформатор: сердечник Ш16×18; обмотка I — 2 800, а обмотка II — 190 витков провода ПЭЛ 0,1.

Трехпозиционный переключатель (рис. 26-2) автоматически переключает три лампы накаливания (или три какие-либо цепи). Его можно применить, например, для переключения огней уличного светофора или праздничной иллюминации.

При подключении к схеме источника постоянного тока начинается заряд конденсатора C_1 через резистор R_1. Напряжение на обкладках этого конденсатора растет, что ведет к увеличению тока базы транзистора T_1 и тока в обмотках реле. Так как сопротивление резистора R_6, шунтирующего обмотку реле P_3, меньше сопротивления резистора R_5, реле срабатывают не одновременно, а поочередно через некоторые промежутки времени, величины которых можно регулировать, изменяя сопротивления резисторов R_5 и R_6. Сначала срабатывает реле P_1; его контакты KP_1 выключают горевшую до этого лампу $Л_3$ и включают лампу $Л_1$. Затем срабатывает реле P_2 и включает лампу $Л_2$, а лампа $Л_1$ гаснет. Далее срабатывает реле P_3; его контакты KP_3 замыкаются и через них разряжается конденсатор C_1. При этом гаснет лампа $Л_2$ и загорается лампа $Л_3$. Далее

процесс повторяется. Резистор R_3 ограничивает разрядный ток конденсатора и этим самым предотвращает обгорание контактов KP_3 реле. Конденсатор C_2 создает некоторую задержку в отпускании реле, необходимую для полного разряда конденсатора C_1.

Время нахождения переключателя в каждом из трех положений и интервалы времени между переключениями определяются сопротивлениями резисторов R_1, R_2, R_5 и R_6, емкостью конденсатора C_1, коэффициентами передачи тока β транзисторов и токами срабатывания реле. Изменяя указанные величины, можно установить требуемое время в пределах от сотых долей секунды до единиц

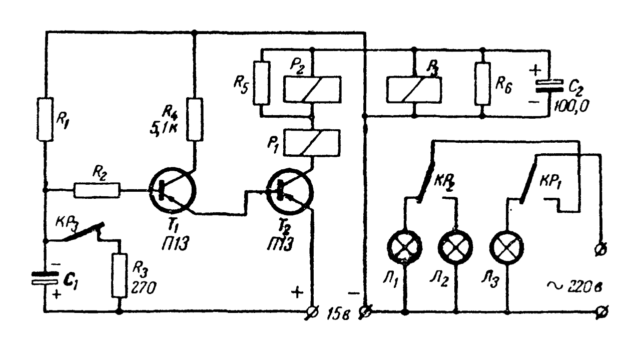


Рис. 26-2. Схема автоматического переключателя с транзисторами на три положения.

секунды. Сопротивление резистора R_1 должно быть не менее 5 *ком*. Сопротивления резисторов R_1 и R_2 можно увеличивать до тех пор, пока срабатывает реле P_3. Транзистор T_1 должен иметь обратный ток коллектора не более 3 *мка*. Если в качестве T_1 применить кремниевый транзистор типа П104, П105 или П106, переключатель будет хорошо работать при температуре до 50—60° С.

В переключателе применены реле РКН с сопротивлением обмоток по 400 *ом* и током срабатывания 11 *ма*.

Для питания переключателя можно применить четыре батареи от карманного фонаря (с напряжением 3,7 *в*), соединяя их последовательно. Такой комплект батарей обеспечивает непрерывную работу переключателя в течение примерно 20—50 *ч* (в зависимости от тока срабатывания реле и сопротивлений резисторов R_5 и R_6).

Одиннадцатипозиционный переключатель (рис. 26-3) автоматически в заданной последовательности включает и выключает 11 ламп накаливания (или других цепей). Его можно применить для оформления различных электрифицированных карт, например: «Крупнейшие новостройки семилетки», «Электрификация СССР», «Природные богатства нашей Родины» и т. п. Время нахождения во включенном состоянии каждой лампы плавно регулируется от 2 до 120 *сек* одним из 11 переменных резисторов R_1—R_{11}. Лампы переключаются группой контактов $КШ_2$ шагового искателя ШИ-11. Одновременно другой группой контактов $КШ_1$ переключаются переменные резисторы R_1—R_{11}.

Переключатель работает следующим образом. После включения его в электросеть и прогрева катода лампы 6Н9С на резисторе R_{14} образуется падение напряжения, которым заряжается конденсатор C_1 через резистор R_{13} и один из переменных резисторов R_1—R_{11}. Зарядный ток конденсатора, протекая по указанным резисторам, создает на них падение напряжения, отрицательный полюс которого поступает на управляющую сетку лампы. Когда конденсатор не заряжен, течет значительный зарядный ток и на управляющей сетке существует большое отрицательное смещение. По мере заряда кон-

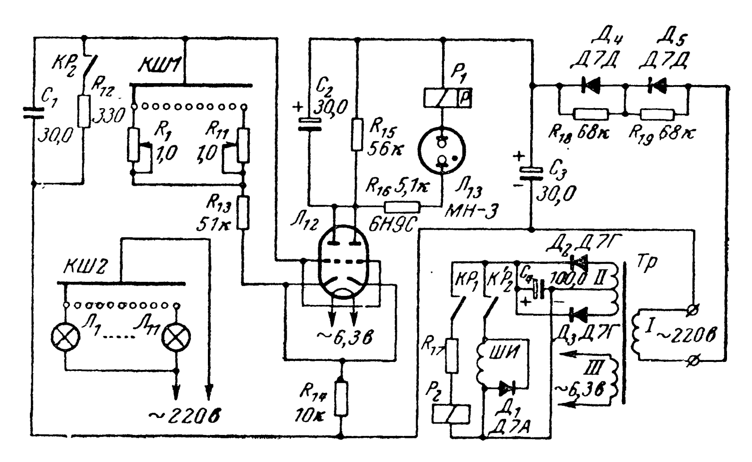


Рис. 26-3. Схема автоматического переключателя с электронной лампой на 11 положений.

денсатора оно уменьшается, что ведет к увеличению анодного тока и напряжения на резисторе R_{15}. Когда это напряжение станет равным напряжению зажигания неоновой лампы $Л_{13}$, она загорится, сработает реле P_1 и его контакты $КР_1$ включат обмотку реле P_2. Контакты $КР_2$ последнего подключают к выпрямителю питания обмотку шагового искателя и осуществляют быстрый разряд конденсатора C_1 через резистор R_{12}. Щетки искателя переходят на соседние контакты и включают другую лампу накаливания и переменное сопротивление. После этого описанные процессы повторяются.

Реле P_1 типа РП-4 поляризованное с двумя обмотками по 8,5 *ком*; обмотки соединяют последовательно. Реле P_2 типа РСМ-1. Шаговый искатель типа ШИ-11 с обмоткой, рассчитанной на 48 *в*.

Трансформатор: сердечник Ш20×35; обмотка *I* — 1 320 витков ПЭЛ 0,12 с отводами от 665-го (для 110 *в*) и 737-го витка (для 127 *в*); обмотка *III* — 38 витков и обмотка *II* — 300×2 витков ПЭЛ 0,41 (отводы первичной обмотки на схеме не показаны).

Контакты шагового искателя позволяют переключать лампы накаливания мощностью до 40 *вт*. Для переключения более мощных ламп необходимо применить 11 дополнительных реле. В этом случае контакты искателя включают ток на обмотки этих реле, контакты

которых переключают лампы или другие электрические цепи (в зависимости от применения переключателя).

Установка необходимой программы производится путем вращения ручек переменных резисторов R_1—R_{11} и соединением отдельных контактов шагового искателя.

26-2. ФОТОРЕЛЕ

Фотореле по схеме на рис. 26-4, *а* срабатывает при освещении фоторезистора открытой (без рефлектора и абажура) лампой накаливания 109 *вт*, расположенной от него на расстоянии 0,5 *м*. Когда

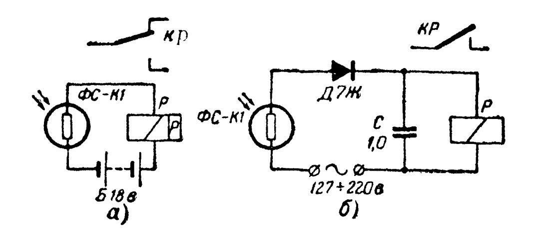


Рис. 26-4. Схемы простейших фотореле.

а — с питанием от батарей; *б* — с питанием от электросети.

фоторезистор затемнен, протекающий через него фототок ничтожно мал и реле *Р* сработать не может. При освещении фоторезистора фототок увеличивается и реле срабатывает.

Детали. Реле *Р* поляризованное, типа РП-7 с сопротивлением обмотки 6,3 *ком*; его регулируют на ток срабатывания 0,2 *ма*. Можно применить также реле РП-5, РП-8, РП-9 или другого типа с током срабатывания не более указанного. Фоторезистор типа ФС-К1 либо ФС-К0, ФС-К2, ФСК-М1, ФСК-М2, ФС-Д1.

Источник питания — две последовательно соединенные батареи «Крона».

Чувствительность фотореле можно повысить в несколько раз, используя батарею с напряжением 50—80 *в*.

Фотореле по схеме на рис. 26-4, *б* срабатывает от открытой лампы мощностью 109 *вт*, находящейся на расстоянии 0,8 *м*. В нем применено электромагнитное реле РПН с током срабатывания 1,2 *ма* и сопротивлением обмотки 25 *ком*. Можно применить реле другого типа с током срабатывания не более указанного. Чем меньше этот ток, тем выше чувствительность фотореле.

Фотореле с усилителем фототока на транзисторах (рис. 26-5) срабатывает от лампы мощностью 109 *вт*, находящейся на расстоянии 1,5 *м*. Транзисторы должны иметь коэффициент передачи тока $\beta \geqslant 20$. Для устойчивой работы фотореле при повышенной температуре необходимо выбрать транзистор T_1 с обратным током коллектора не более 2 *мка* (при комнатной температуре). Реле типа РКН с током срабатывания 10 *ма* и сопротивлением обмотки 600 *ом*.

Питание фотореле осуществляется от двух последовательно соединенных батарей от карманного фонаря (с напряжением 3,7 *в*).

Фотореле с усилителем фототока на пентоде (рис. 26-6) срабатывает от лампы мощностью 109 *вт* на расстоянии 2—2,5 *м*. Питается фотореле непосредственно (без выпрямителя) от электросети. Конденсатор C_1 сглаживает пульсации тока в обмотке реле, которые

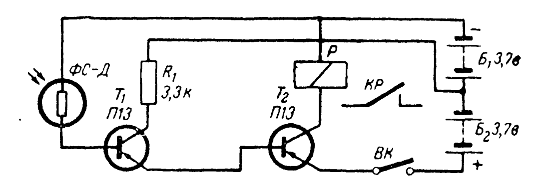


Рис. 26-5. Фотореле с усилителем на транзисторах и питанием от батареи.

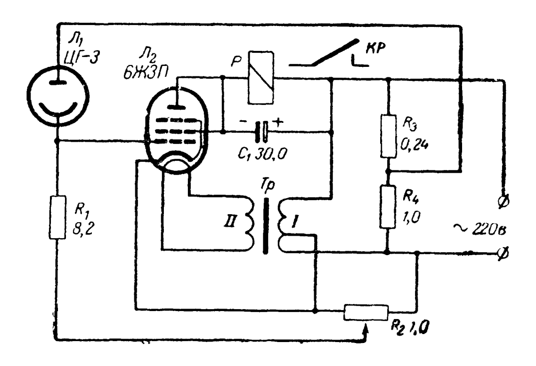


Рис. 26-6. Фотореле с усилителем на электронной лампе и питанием от электросети.

возникают вследствие питания радиолампы переменным током. Напряжение смещения подается на управляющую сетку с переменного резистора R_2 через резистор R_1. Величина этого напряжения устанавливается такой, при которой ток в обмотке реле меньше тока отпускания. При освещении фотоэлемента фототок и ток в обмотке реле увеличиваются и реле срабатывает. Чувствительность фотореле возрастает при увеличении сопротивления резистора R_1 примерно до 50 *Мом*.

Фотоэлемент ЦГ-3 можно заменить фотоэлементом ЦГ-1, ЦГ-4, СЦВ-4 или СЦВ-51. Электромагнитное реле типа РЭС-10 с сопротивлением обмотки 4,5 *ком* и током срабатывания 6 *ма* или иное с током срабатывания не более 7 *ма*. Переменный резистор может иметь сопротивление 3,3 *ком* — 1 *Мом*.

Трансформатор: сердечник Ш16×18; обмотка *I* — 2 800 витков ПЭЛ 0,1 с отводом от 200-го витка; обмотка *II* — 85 витков ПЭЛ 0,44.

26-3. ЕМКОСТНОЕ РЕЛЕ

Емкостное реле (рис. 26-7) срабатывает при изменении емкости антенны *А*, вызываемой приближением к ней руки человека на 0,5 *м*. Антенна представляет собой штырь или кусок провода длиной 0,5—1 *м*.

На левом по схеме триоде лампы $Л_1$ собран ВЧ генератор по схеме с катодной связью. Обратная связь в генераторе, определяющая интенсивность колебаний в контуре, уменьшается при увеличении емкости антенны. Плавная регулировка обратной связи осуществляется подстроечным конденсатором C_5, а грубая — конденсатором C_3. Правый триод лампы $Л_1$ включен диодом (сетка соединена с анодом) и используется для выпрямления напряжения ВЧ, снимаемого с катушки L_2. Отрицательный полюс выпрямленного напряжения подается на управляющую сетку лампы $Л_2$. Когда вблизи антенны нет человека, на катушке L_2 имеется значительное напряжение ВЧ и тока в анодной цепи лампы $Л_2$ нет. При приближении к антенне человека обратная связь уменьшается. При правильной настройке схемы это ведет к резкому уменьшению напряжения на катушке L_2, отрицательное смещение на сетке лампы $Л_2$ уменьшается, в ее анодной цепи появляется ток и реле *Р* срабатывает.

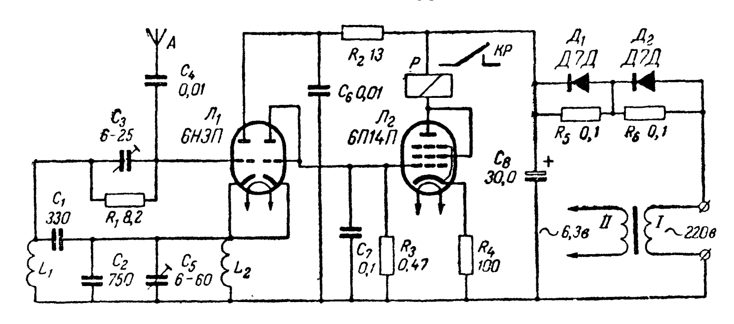


Рис. 26-7. Схема емкостного реле.

Детали. Электромагнитное реле типа МКУ-48 с током срабатывания 47 *ма* и сопротивлением обмотки 320 *ом* либо другого типа с током срабатывания 10—50 *ма*.

Контурная катушка L_1 от трансформатора ПЧ (465 *кгц*) радиоприемника. Катушка L_2 составляется из двух последовательно соединенных таких же катушек.

Трансформатор: сердечник Ш19×20; обмотка *I* — 2 200 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *II* — 65 витков ПЭЛ 0,64.

26-4. РЕЛЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ

Реле выдержки времени применяется для включения или выключения электрических устройств на определенный промежуток времени.

Реле на транзисторе (рис. 26-8) предназначено для включения проекционной лампы фотоувеличителя на промежуток времени 1—10 *сек* в первом поддиапазоне и 5—50 *сек* во втором поддиапазоне. Переход на второй поддиапазон осуществляется выключателем *Вк*, при замыкании контактов которого к конденсатору C_2 подключается параллельно дополнительный конденсатор C_1. Плавная регулировка выдержки времени осуществляется переменным резистором R_1. На его ручке укрепляется указатель, передвигающийся по шкале, проградуированной в секундах.

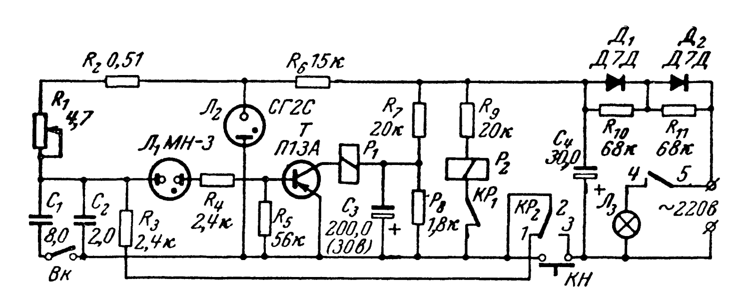


Рис. 26-8. Схема реле выдержки времени с неоновой лампой.

Установив необходимую величину выдержки времени по шкале, кратковременно нажимают на пусковую кнопку *Кн*. При этом положительный полюс выпрямителя подключается к схеме и срабатывает реле P_2. Его контакт *2* размыкается с контактом *1* и замыкается с контактом *3*. В результате кнопка окажется замкнутой (поэтому достаточно кратковременного нажатия на кнопку). Контакты *4* и *5* реле P_2 замкнутся и включат лампу $Л_3$ фотоувеличителя. В момент нажатия на кнопку загорится стабилитрон $Л_2$. Стабилизированное напряжение стабилитрона используется для заряда конденсаторов C_1 и C_2. Когда возрастающее напряжение на конденсаторах достигнет величины напряжения зажигания неоновой лампы, она загорится и по эмиттерному переходу транзистора *Т* пройдет импульс тока разряда конденсаторов. При этом на небольшой промежуток времени сработает реле P_1; его контакты KP_1 разомкнутся, отключат от выпрямителя обмотку реле P_2 и лампа фотоувеличителя погаснет.

Реле P_1 типа РСМ-2 с сопротивлением обмотки 750 *ом* и током срабатывания 20 *ма* либо другого типа с током срабатывания не более 20 *ма* и напряжением срабатывания не более 15 *в*, имеющее одну пару нормально замкнутых контактов. Реле P_2 типа МКУ-48 с сопротивлением обмотки 6 *ком* и током срабатывания 7 *ма* или другого типа с током срабатывания не более 30 *ма*. Сопротивление резистора R_9 в килоомах вычисляют по формуле

$$R_9 = \frac{U_0 - U_р}{1,3 I_р}, \qquad (26\text{-}1)$$

где U_0 — напряжение на выходе выпрямителя, *в*;
$U_р$ — напряжение срабатывания реле, *в*;
$I_р$ — ток срабатывания реле, *ма*.

Выходное напряжение выпрямителя можно принять равным напряжению электросети.

Транзистор T типа П14, П15 или П40. При применении в схеме реле P_1 с током срабатывания 20 *ма* необходим транзистор с $\beta \geqslant 35$. При меньшем токе срабатывания реле можно применить транзистор с меньшим β.

Неоновая лампа $Л_1$ с напряжением зажигания не более 55 *в*. Корпус ее необходимо подключить к конденсаторам C_1 и C_2; при этом схема работает стабильнее.

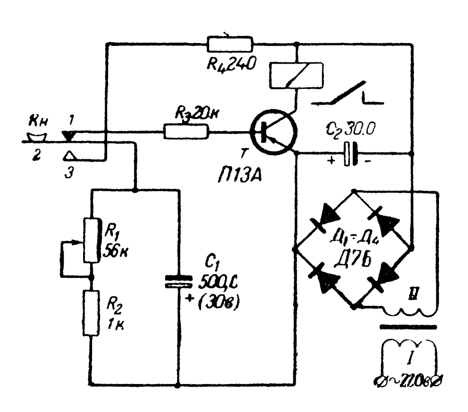


Рис. 26-9. Схема простейшего реле выдержки времени на транзисторе с питанием от электросети.

Реле выдержки времени (рис. 26-9) предназначено для включения электрических устройств на промежутки времени примерно от 0,5 до 10 *сек*. При нажатии на пусковую кнопку *Кн* контакт ее *2* замыкается с контактом *3* и конденсатор C_1 заряжается от выпрямителя по мостовой схеме на диодах Д7Б. Для полного заряда конденсатора достаточно нажимать на кнопку в течение 0,5 *сек*. При отпускании кнопки контакт *2* соединяется с контактом *1* и конденсатор C_1 через резистор R_3 подключается к эмиттерному переходу транзистора. При этом через эмиттерный переход потечет ток, что приведет к резкому возрастанию тока коллектора, срабатыванию реле, и замыканию его контактов, которые используются для включения нагрузки.

С момента отпускания кнопки происходит разряд конденсатора C_1 через резисторы R_1, R_2, R_3 и эмиттерный переход. По мере разряда конденсатора токи базы и коллектора транзистора уменьшаются. Когда конденсатор значительно разрядится, реле выключит нагрузку.

Время нахождения нагрузки во включенном состоянии (выдержка времени) растет при увеличении емкости конденсатора C_1, сопротивлений резисторов R_1, R_2, коэффициента передачи тока β транзистора и напряжения выпрямителя, а также при уменьшении тока

отпускания реле, и наоборот. Переменный резистор R_1 служит для регулирования выдержки времени в указанных выше пределах.

Реле РКМ-1 с сопротивлением обмотки 1 *ком* и током срабатывания 11 *ма*. Можно применить любое реле другого типа с током срабатывания не более 20 *ма* и напряжением срабатывания не более 12 *в*.

Трансформатор: сердечник Ш16×18; обмотка *I* — 3 000 витков провода ПЭЛ 0,1; обмотка *II* — 200 витков провода ПЭЛ 0,15.

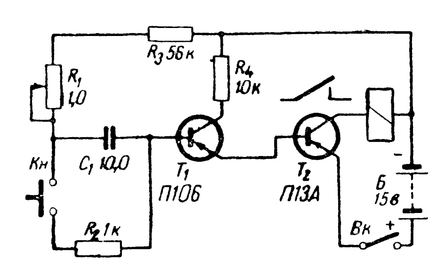


Рис. 26-10. Схема реле выдержки времени повышенной стабильности на транзисторах с питанием от батареи.

Реле с повышенной стабильностью выдержки времени (рис. 26-10). Стабильность выдержки времени достигается применением в зарядной цепочке бумажного конденсатора вместо электролитического.

Включение нагрузки осуществляется нажатием на кнопку *Кн*. При этом конденсатор C_1 разряжается через замкнутые контакты кнопки и резистор R_2 При отпускании кнопки конденсатор заряжается от батареи *Б* через эмиттерные переходы транзисторов T_1 и T_2, резисторы R_1 и R_3. Усиленный транзисторами T_1 и T_2 ток заряда конденсатора протекает по обмотке реле, которое срабатывает и включает нагрузку. По мере заряда конденсатора ток в обмотке реле уменьшается. Когда конденсатор значительно зарядится, реле выключит нагрузку.

Выдержка времени растет при увеличении емкости конденсатора C_1, сопротивлений резисторов R_1 и R_3, коэффициентов передачи тока β транзисторов T_1 и T_2, уменьшении тока отпускания реле, и наоборот. Сопротивления резисторов R_1 и R_3 можно увеличивать до тех пор, пока срабатывает реле.

В схеме применены транзисторы П106 и П13А с коэффициентами передачи тока β, равными соответственно 20 и 40. Реле РКМ-1 с сопротивлением обмотки 1,3 *ком*, током срабатывания 8 *ма* и током отпускания 4 *ма*.

Схема питается от четырех соединенных последовательно батарей от карманного фонаря с напряжением 3,7 *в*.

Реле выдержки времени обеспечивает включение нагрузки на время от 0,5 до 10 *сек*. Регулировка времени производится переменным резистором R_1.

26-5. РЕЛЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Реле температуры срабатывает при определенных значениях температуры. Оно применяется для сигнализации о недопустимом повышении температуры и автоматического поддержания температуры объекта с определенной точностью.

Реле по схеме на рис. 26-11 срабатывает при изменении температуры на 3—4° С. Чувствительным элементом является терморези-

стор КМТ-1, включенный в одно из плеч моста. При увеличении температуры сопротивление терморезистора уменьшается и напряжение на выходе моста увеличивается, что ведет к росту токов базы и коллектора транзистора *Т*. При некотором значении тока коллектора срабатывает реле *Р*: его контакты *1* и *2* замыкаются, а *2* и *3* размыкаются. В случае применения такого реле для автоматического поддержания температуры объекта размыкающиеся контакты ис-

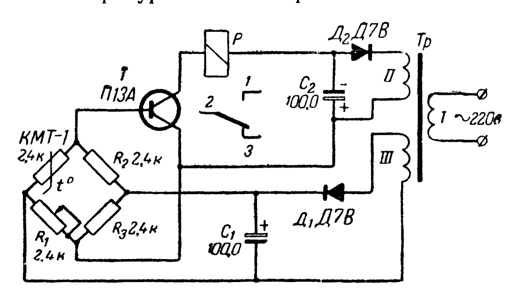


Рис. 26-11. Схема реле температуры.

пользуют для выключения нагревательных элементов, а замыкающиеся контакты — для включения охлаждающего устройства, например вентилятора. При использовании реле температуры для сигнализации о недопустимом повышении температуры объекта замыкающиеся контакты реле применяются для включения устройств сигнализации: звонка, сирены, ламп и др.

Установка величины температуры, при которой происходит срабатывание реле, производится в пределах до 120° С переменным резистором R_1.

Детали. Реле типа РПН с сопротивлением обмотки 2 *ком* и током срабатывания 4 *ма*.

Трансформатор: сердечник Ш19×20; обмотки *I*, *II* и *III* содержат соответственно 2 200, 120 и 100 витков провода ПЭЛ 0,07—0,12 *мм*.

ЧАСТЬ ШЕСТАЯ
ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И ЗВУКОЗАПИСЬ

РАЗДЕЛ 27

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ И АКУСТИКА РАДИОПРИЕМНИКОВ

27-1. ПРИРОДА ЗВУКА

Источниками (возбудителями) звука являются колеблющиеся тела: диффузоры громкоговорителей, деки музыкальных инструментов и т. п. У человека во время разговора или пения колеблются голосовые связки. Колеблющиеся тела приводят в колебательное состояние воздух — в нем образуются звуковые волны. Они распространяются кругом от колеблющегося предмета и вызывают на своем пути колебания других тел. В нашем ухе звуковые волны вызывают колебания барабанной перепонки. Раздражение по слуховому нерву передается головному мозгу и воспринимается как ощущение звука.

Распространение звука. Звуковые волны (колебания) возникают и распространяются в воздухе, воде, металле и т. д., т. е. в газообразной, жидкой или твердой среде. В пустоте они распространяться не могут. От места возникновения звук распространяется во все стороны с одинаковой скоростью. Встречая на своем пути препятствие, звуковые волны частично отражаются от него, а частично огибают препятствие и тем лучше, чем меньше его размеры. Часть звуковой энергии поглощается поверхностью препятствия.

Скорость распространения звуковых волн зависит от характера и состояния материальной среды, в которой они возникают. В воздухе при температуре 0° С эта скорость равна 331 *м/сек*, а при 30° С 349 *м/сек*. При технических расчетах скорость звука принимают равной 340 *м/сек*. Такова примерно скорость его при температуре воздуха 15—16° С. В жидких и твердых телах звуковые волны распространяются значительно быстрее. Например, в воде скорость их достигает 1 450 *м/сек*, а в стали — 5 810 *м/сек*.

Звуковое давление. Прохождение звука через среду всегда вызывает в ней дополнительное, меняющееся с частотой звуковых волн переменное давление, называемое звуковым давлением. О его величине судят по силе действия звуковой волны на площадку, перпендикулярную направлению распространения волны. Измеряется звуковое давление в ньютонах на квадратный метр (*н/м*^{2}) или де-

цибелах (см. § 1-8). Звуковое давление обычной речи составляет приблизительно 1 *н/м²*.

Звуковые частоты. Нормальное человеческое ухо ощущает звуковые колебания с частотами от 20 до 16 000 *гц*. Чем больше частота, тем выше звук.

Диапазон звуковых частот условно разделяют на три поддиапазона: нижние, верхние и средние частоты. К нижним относят частоты до 200—300 *гц*, к средним — частоты от 200 — 300 до 2 500—3 000 *гц* и к верхним — частоты выше 2 000 — 3 000 *гц*. Наряду с этим применяют термины «низшая частота» и «высшая частота», подразумевая при этом соответственно самую низкую и самую высокую частоты, воспринимаемые ухом или воспроизводимые тем или иным источником звука, например громкоговорителем. Человеческое ухо наиболее чувствительно к звуковым колебаниям с частотами 1 000—3 000 *гц*.

Гармоники. Человек легко отличает звуки одной и той же частоты, но созданные различными источниками, по присущей каждому звуку своеобразной окраске — тембру. Различие в тембрах звуков одной и той же частоты зависит от наличия в них и интенсивности высших гармоник — частот, в целое число раз бо́льших основной частоты. Так, например, для частоты 1 000 *гц* второй гармоникой будет частота 2 000 *гц*, третьей — 3 000 *гц* и т. д.

Динамический диапазон. Очень слабый звук человек не слышит. Сила звука, при которой звук начинает ощущаться, называется порогом слышимости. Для большинства людей он наступает при давлении 0,00002 *н/м²* (для звуковых колебаний с частотой 1 000 *гц*). Если звук постепенно усиливать, то наступит момент, когда появится боль в ушах. Это происходит при давлении около 20 *н/м²*. Такое звуковое давление называют болевым порогом.

Разницу в громкости различных звуков, так же как и разницу в уровнях электрических сигналов, оценивают в децибелах (см. § 1-7), и за нулевой уровень громкости — нуль децибел (*дб*) принимают уровень сигнала на пороге слышимости. Болевое ощущение от звука частотой 1 000 *гц* наступает при уровне громкости 120 *дб* (звуковое давление 20 *н/м²*). Область между порогом чувствительности и болевым порогом называют динамическим диапазоном слуха. Ширина его, как видно из сказанного, составляет около 120 *дб*.

Динамический диапазон передачи радиовещательных программ, а также граммофонных и магнитофонных записей значительно более узок, чем динамический диапазон слуха; обычно он не превышает 40 *дб*. Со стороны малых громкостей его ограничивают потому, что слабые сигналы теряются на фоне шумов и различных помех, всегда в той или иной мере сопровождающих всякое звуковоспроизведение. Со стороны больших громкостей сигналы ограничивают, чтобы не перегружать аппаратуру каналов передачи или звукозаписи. Указанное ограничение при радиопередаче обычно производится ведущими передачу звукорежиссерами. С помощью регуляторов усиления аппаратуры они искусственно увеличивают громкость слабых сигналов и уменьшают громкость сильных сигналов, поддерживая во всех случаях уровень их в пределах допускаемого динамического диапазона.

Бинауральный эффект. Человек ощущает, с какой стороны приходит звук. Если источников звука несколько, то даже с закрытыми глазами человек может представить себе расположение их в прост-

ранстве. Свойство человеческого слуха определять направление, откуда приходит звук, называется бинауральным эффектом. Проявляется он потому, что человек слышит двумя ушами. Благодаря бинауральному эффекту мы можем, например, определять расположение отдельных голосов в хоре или инструментов в оркестре. По этой же причине мы легко ощущаем направление перемещения источников звука.

В обычной системе передачи и воспроизведения звука разговор одного или нескольких людей, пение соло или игра оркестра воспринимаются одним микрофоном (иногда несколькими) и передаются по одному каналу связи. Если передача (или звукозапись) воспроизводится одним громкоговорителем, слушатель воспринимает звуки как бы из одной точки, у него отсутствует ощущение звуковой перспективы, т. е. пространственного размещения источников звука: справа — слева, снизу — сверху. При этом с повышением частоты «точечный характер» звуковоспроизведения выражается сильнее. Такая система звуковоспроизведения называется монофонической.

Объемное звучание. Во многих современных массовых радиоприемниках и радиолах применяют по нескольку громкоговорителей с различными частотными характеристиками, располагая их в различных плоскостях, в том числе и на боковых стенках. При этом звуковые волны распространяются от приемника (радиолы) в различных направлениях, по-разному отражаются от стен и других предметов, находящихся в помещении. В результате звуковая энергия поступает к слушателю с разных сторон, из всего объема комнаты и ощущение «точечного» характера источника звука исчезает. Такая система звуковоспроизведения называется объемной. Но она все же является монофонической, так как не дает возможности различать пространственно расположение и перемещение отдельных исполнителей и музыкальных инструментов в радиостудии, на сцене и т. п.

Стереофоническое воспроизведение звука позволяет слушателям ощущать распределение источников звука в горизонтальной плоскости: слева — справа — посредине; звучание оркестра и хора приобретает «прозрачность», слушатель ощущает звуковую перспективу. Даже если источники звука неподвижны, при стереофоническом звуковоспроизведении «прозрачность» звуковой перспективы существенно улучшается: при передаче сольной арии в сопровождении оркестра слова становятся более разборчивыми, заметно улучшается слуховое восприятие сольных инструментов, например рояля.

Стереофоническое звуковоспроизведение можно получить, если в помещении, откуда ведется радиопередача, установить несколько микрофонов, а для воспроизведения передаваемой программы в месте приема применить такое же количество громкоговорителей. При этом громкоговорители должны быть взаимно расположены так же, как и микрофоны, а каждый микрофон связан с соответствующим громкоговорителем отдельным каналом передачи (см. § 1-6). Но такие системы слишком сложны для практического применения.

Весьма близкую к естественной передачу звуковой перспективы, при которой слушатель ощущает расположение источников звука и перемещение их, можно получить при двух каналах передачи, оканчивающихся двумя громкоговорителями в месте приема, разнесенными на расстояние в несколько метров. Такая двухканальная

стереофония получает в настоящее время широкое распространение в радиовещании, кинематографии, а также в технике граммофонной и магнитофонной звукозаписи (подробнее см. § 27-5).

Псевдостереофоническая система воспроизведения звука применяется при одноканальной (монофонической) передаче, являясь разновидностью объемной системы. В основе псевдостереофонической системы лежит стремление к улучшению восприятия слушателями передаваемых программ не путем восстановления картины истинного распределения источников звука в пространстве (как при стереофонической системе), а созданием у слушателя иллюзии пространственного разделения их. Для этого вся полоса передаваемых частот разделяется на две части, которые воспроизводятся отдельными разнесенными группами громкоговорителей (подробнее см. § 10-1 и 27-4). Этот технический прием используется в сетевых радиоприемниках и радиолах высшего, первого и второго классов.

27-2. УСТРОЙСТВО ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

В настоящее время для звуковоспроизведения применяются преимущественно электродинамические громкоговорители прямого излучения (диффузорные).

Электродинамический громкоговоритель прямого излучения. Основными частями его являются диффузор, звуковая катушка и магнитная система. Громкоговорители этого типа бывают с керновым (цилиндрическим) или кольцевым постоянным магнитом либо с электромагнитом. Последние чаще называют громкоговорителями с подмагничиванием.

Громкоговоритель с постоянным магнитом. Магнит из специального сплава создает сильное магнитное поле в зазоре — узком кольцевом промежутке между керном и фланцем; последний изготовлен из мягкой стали. В громкоговорителе с керновым магнитом (рис. 27-1, *а*) скоба сделана из такого же материала, а в громкоговорителе с кольцевым магнитом (рис. 27-1, *в*) из мягкой стали изготовлен керн. Во многих громкоговорителях с керновым магнитом вместо скобы применена чашка из мягкой стали. В зазоре находится катушка из изолированного провода — звуковая катушка. Каркас ее прикреплен к вершине бумажного конуса — диффузора. Катушка не соприкасается ни с керном, ни с фланцем и может свободно перемещаться в зазоре.

Когда через звуковую катушку проходит переменный ток низкой (звуковой) частоты, вокруг нее образуется переменное магнитное поле. При одном направлении тока в катушке в результате взаимодействия между магнитными полями катушки и магнита возникает электродинамическая сила, стремящаяся вытолкнуть катушку из зазора. Когда же ток в катушке и соответственно создаваемое им магнитное поле изменяют направление, то изменяется на обратное и направление силы, стремящейся теперь втянуть катушку глубже в зазор. При прохождении через звуковую катушку переменного тока она в такт с изменениями его направления перемещается вдоль зазора то в одну, то в другую сторону и тем самым приводит в колебательное движение диффузор, который при этом создает звуковые волны. Чем больше амплитуда тока через звуковую катушку, тем

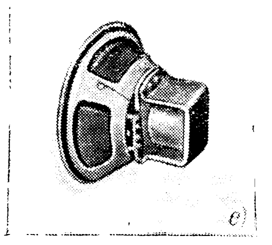


Рис. 27-1. Электродинамические диффузорные громкоговорители.

а — разрез громкоговорителя с керновым магнитом; *б* — его внешний вид; *в* — разрез громкоговорителя с кольцевым магнитом; *г* — его внешний вид; *д* — разрез громкоговорителя с подмагничиванием; *е* — его общий вид.

1 — керновый магнит; *2* — скоба (или чашка); *3* — фланец; *4* — зазор между керном и фланцем; *5* — звуковая катушка; *6* — диффузор; *7* — центрирующая шайба; *8*—диффузородержатель; *9*—кольцевой магнит; *10* — керн из мягкой стали; *11*—катушка подмагничивания.

больше размах колебаний ее и диффузора и громче звук, создаваемый громкоговорителем.

Звуковые катушки вместе с диффузорами и центрирующими шайбами, как всякие механические системы, способные к колебательным движениям, обладают собственными частотами колебаний. Это означает, что если такую систему привести в колебательное состояние воздействием на нее внешней силы, то после прекращения ее действия система продолжает некоторое время колебаться с некоторой определенной частотой, которая и является для нее собственной.

При подведении к звуковой катушке напряжения переменного тока с частотой, совпадающей с ее собственной частотой, наблюдается явление резонанса, проявляющееся в том, что катушка с диффузором колеблется с увеличенным размахом и создаваемый громкоговорителем звук усиливается (по сравнению с другими частотами при той же величине подводимого напряжения переменного тока). Наиболее низкая частота, при которой наблюдается это явление, называется *основной резонансной частотой* громкоговорителя. Она зависит от размеров и массы диффузора и катушки, а также от упругих свойств центрирующей шайбы и гофрированной части диффузора. Чем больше размеры и масса диффузора и катушки и чем менее жестко они укреплены, тем ниже основная резонансная частота (см. табл. 27-1).

Некоторые громкоговорители имеют диффузоры эллиптической формы (например, 1ГД-9); они удобны для размещения в компактных радиоприемниках. Другие типы громкоговорителей имеют небольшой дополнительный конус (например, 2ГД-3), жестко прикрепленный своей вершиной к каркасу звуковой катушки внутри основного конуса диффузора. На верхних звуковых частотах, где отдача основного диффузора уменьшается, вступает в действие дополнительный конус, и звучание громкоговорителя на этих частотах улучшается.

Громкоговоритель с подмагничиванием. Скоба (или чашка) и керн такого громкоговорителя изготовлены из мягкой стали, а на керн надета катушка, состоящая из большого числа витков изолированного провода,— катушка подмагничивания (рис. 27-1, *д* и *е*). При пропускании через нее постоянного тока керн, скоба и фланец намагничиваются и в зазоре образуется сильное магнитное поле. Работает такой громкоговоритель так же, как и громкоговоритель с постоянным магнитом. Мощность электрического тока, расходуемая на подмагничивание громкоговорителя для радиоприемника, обычно составляет 5—6 *вт*. В настоящее время диффузорные громкоговорители с подмагничиванием для радиоприемников не изготовляются.

Абонентские громкоговорители. Такими громкоговорителями оборудуют радиотрансляционные точки, включенные в линии проводного вещания. Это обычно электродинамические диффузорные громкоговорители, заключенные в небольшие деревянные, металлические или пластмассовые ящики. Все абонентские громкоговорители имеют постоянные магниты и снабжены переходными (понижающими) трансформаторами и регуляторами громкости.

По электрическим и акустическим параметрам абонентские громкоговорители разделяют на четыре класса: высший, первый, второй и третий. Абонентские громкоговорители высшего класса выполня-

ются в мебельном или настольном оформлении большого объема (до 0,2 $м^3$) и, кроме регуляторов громкости, снабжаются регуляторами тембра. Громкоговорители остальных классов представляют собой настольные конструкции, но могут подвешиваться и на стене. Наименьшие размеры имеют ящики наиболее распространенных громкоговорителей третьего класса.

Звуковые колонки. Так называют звуковоспроизводящие устройства, состоящие из четырех, шести, восьми или большего числа громкоговорителей, заключенных в общий корпус (рис. 27-2), где они расположены вертикально один над другим в два ряда в разных плоскостях. В таких системах удачно сочетаются высокое качество звучания, свойственное диффузорным электродинамическим громкоговорителям, и слабо выраженная направленность излучения звуковой энергии, особенно в горизонтальной плоскости. Применяют звуковые колонки в парках, на стадионах и спортивных площадках, укрепляя их на мачтах, а также в закрытых помещениях, где их подвешивают на стенах или к потолку.

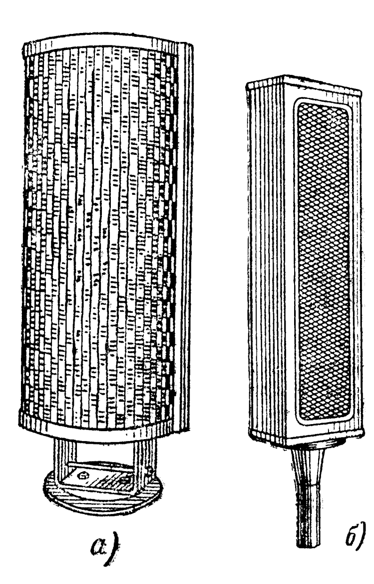


Рис. 27-2. Звуковые колонки.

а — 10КЗ-1; *б* — 20КЗ-1 и 40КЗ-1.

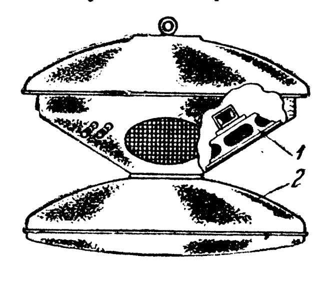


Рис. 27-3. Радиальный громкоговорящий агрегат.

1 — диффузорный громкоговоритель; *2* — рассеиватель.

Радиальные громкоговорители представляют собой агрегаты, состоящие из четырех диффузорных громкоговорителей каждый, размещенных по окружности в общем металлическом кожухе (рис. 27-3). Такое расположение их в совокупности с находящимся под кожухом рассеивателем способствует круговому равномерному распределению звуковой энергии. Радиальные громкоговорители устанавливают на мачтах или подвешивают на кронштейнах в парках, на стадионах, на спортплощадках и т. п.

Рупорные громкоговорители имеют такое же назначение, как звуковые колонки и радиальные громкоговорители. В рупорном громкоговорителе, показанном на рис. 27-4, *а* и *б*, подвижной (ко-

леблющейся) системой является сферическая диафрагма с прикрепленной к ней звуковой катушкой. Создаваемые диафрагмой звуковые колебания передаются в окружающее пространство через рупор.

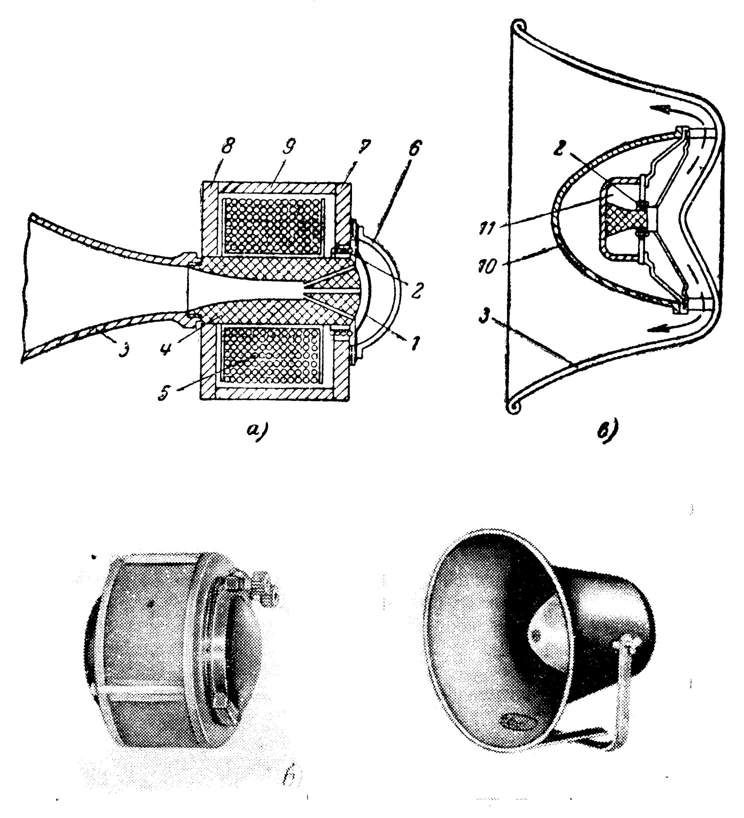


Рис. 27-4. Рупорные громкоговорители.

а — разрез головки громкоговорителя типа РД-10 с подмагничиванием; *б* — ее внешний вид; *в* — разрез громкоговорителя типа Р-10 с направляющим рупором; *г* — его внешний вид.
1 — диафрагма; *2* — звуковая катушка; *3* — рупор; *4*—керн электромагнита; *5* — катушка подмагничивания; *6* — защитная крышка; *7* и *8* — фланцы; *9* — кольцо (средняя часть магнитопровода); *10* — кожух; *11*—диффузорный громкоговоритель с постоянным магнитом.

Громкоговоритель, изображенный на рис. 27-4, *в* и *г*, содержит магнитную систему и диффузор, как и громкоговоритель прямого излучения, только диффузор имеет уменьшенные размеры. Направляющий рупор, уменьшая угол излучения, увеличивает эффективность излучения в ограниченном пространстве.

Трансформаторы к громкоговорителям. Большинство электродинамических громкоговорителей имеет звуковые катушки с сопротивлением всего несколько ом. Но в анодную цепь электронной лампы (или цепь коллектора транзистора) для получения от нее максимальной мощности требуется включать значительно большее сопротивление (например, для наиболее распространенных типов оконечных пентодов и лучевых тетродов оно составляет несколько килоом, см. § 37-7). «Согласование» громкоговорителя с нагрузкой, требуемой лампой (или транзистором) достигается при помощи понижающего трансформатора. Так как он включается в выходной каскад усилителя, его называют выходным трансформатором. Он имеет сердечник, набранный из пластин трансформаторной стали или пермаллоя, и две обмотки: первичную и вторичную. Первичная обмотка имеет большое число витков сравнительно тонкого провода, а вторичная, к которой присоединяется звуковая катушка громкоговорителя, — значительно меньшее число витков провода большего диаметра (подробнее см. § 10-1).

Абонентские громкоговорители, звуковые колонки, радиальные и другие громкоговорители, включаемые в трансляционные сети, также комплектуются понижающими трансформаторами, которые уменьшают напряжение сети до величины, необходимой для звуковых катушек. Такие трансформаторы называются переходными.

27-3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Номинальная мощность громкоговорителя — это такая подводимая к нему мощность, при которой громкоговоритель быстро не изнашивается и не перегревается, а вносимые им нелинейные искажения не превышают заданной величины: обычно около 10% на частотах до 200 *гц* и 5—7% на частотах 200—2 000 *гц*.

Если подвести к громкоговорителю мощность больше номинальной, нелинейные искажения становятся ощутимыми на слух.

Величина номинальной мощности в вольтамперах входит как первая цифра в название громкоговорителя (например, номинальная мощность громкоговорителя 1ГД-9 равна 1 *ва*, а громкоговорителя 3ГД-2 3 *ва*).

Номинальная мощность громкоговорителя или суммарная номинальная мощность громкоговорителей агрегата должна быть не меньше номинальной выходной мощности оконечного каскада радиоприемника или усилителя.

Стандартное звуковое давление — действующее значение звукового давления (*н/м*²), создаваемого громкоговорителем перед лицевой стороной его диффузора (или перед выходным отверстием рупора) на расстоянии 1 *м* при подведении к его звуковой катушке напряжения, соответствующего мощности 0,1 *ва* при частоте 1 000 *гц*.

Среднее стандартное звуковое давление определяется как среднеарифметическое из значений звукового давления на частотах воспроизводимого громкоговорителем диапазона на расстоянии 1 *м*.

Громкоговорители большей номинальной мощности обычно создают среднее стандартное звуковое давление большей величины, вследствие чего даже при малых подводимых мощностях переменного тока эти громкоговорители обеспечивают несколько бо́льшую громкость звучания по сравнению с громкоговорителями меньшей мощности (обладают лучшей чувствительностью).

Таблица 27-1

Основные данные диффузорных громкоговорителей

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых частот, *гц*	Основная резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя, *мм**	Тип магнита	Вес громкоговорителя, *г*
0,1ГД-3	0,1	400—3 000	500±50	16	0,13	6,5±0,7	50×20,5	Керновой	35
0,1ГД-6	0,1	450—3 000	400±40	18	0,23	10±1,5	60×27	»	60
0,1ГД-8	0,1	450—3 000	400±40	18	0,18	10±1,5	60×21,5	»	40
0,15ГД-1	0,15	400—8 000	Не нормируется		0,15	6±0,5	60×22	»	50
0,2ГД-1	0,2	300—1 000	То же		0,18	6±0,5	60×25	»	50
0,25ГД-1	0,25	300—3 000	300±30	18	0,20	8±0,8	72×34	»	70
0,25ГД-2	0,25	300—3 000	300±30	18	0,20	25; 6,5	70×29	Кольцевой	120
0,25ГД-9	0,25	300—3 000	150±30	15	0,28	6,5±1,0	70×36	Керновой	70
0,25ГД-10	0,5	150—7 000	150±30	14	0,23	5,0±0,5	105×36	»	150
0,5ГД-11	0,5	150—7 000	150±30	14	0,23	5,0±0,5	105×36	Кольцевой	150
0,5ГД-12	0,5	150—7 000	150±30	14	0,30	5,0±0,5	105×36	»	250
0,5ГД-14	0,5	250—3 500	200±30	15	0,23	28±3,0	102×50	Керновой	128
1ГД-1	1,0	150—5 000	140±10	15	0,25	3,0±0,3*	150×75	Кольцевой	700
1ГД-1ВЭФ	1,0	2 000—15 000	130—250	15	0,25	6,3**	90×57	Керновой	200
1ГД-1РРЗ	1,0	4 000—13 000	1 200±500	15	0,40	10±1,0	105×63	»	260
1ГД-2ВЭФ	1,0	2 000—15 000	130—250	15	0,25	2,5**	90×57	»	200
1ГД-5	1,0	150—6 000	120±20	15	0,20	6,5±0,7	126×50	Кольцевой	370
1ГД-6	1,0	100—6 000	100; 140*	15	0,30	6,5±0,7	126×63	»	600

Продолжение табл. 27-1

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых частот, *гц*	Основная резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя, *мм**	Тип магнита	Вес громкоговорителя, *г*
1ГД-9	1,0	100—7 000 200—10 000	95±15 150±30	14	0,25	6,6±0,7	156×98×56	Керновой	250
1ГД-11	1,0	150—7 000	120±20	15	0,20	8,0±0,8	126×45	Кольцевой	300
1ГД-12	1,0	200—10 000	175±15	14	0,25	5,0±0,5	156×98×41	»	200
1ГД-14	1,0	100—10 000	100±15	15	0,25	5,0±0,5	126×45	»	180
1ГД-18	1,0	100—10 000	100±20	15	0,20	6,5±1,0	156×98×48	Керновой	160
1ГД-19	1	100—10 000	100 140 ±20	15	0,2	6,5±1,0	155×96× ×40,5	»	220
1ГД-28	1	100—10 000	100 140 ±20	15	0,2	6,5±1,0	155×96×39	»	190
2ГД-3	2,0	70—10 000	80±15 100±10	14	0,25	4,5±0,5	152×69	»	400
2ГД-4	2,0	70—10 000	80±15 100±10	14	0,23	5,0±0,5	152×54	Кольцевой	300
2ГД-7	2,0	80—10 000	80±15 100±10	15	0,20	4,5±0,7	152×62	Керновой	230
2ГД-8	2,0	80—8 000	100±10	15	0,23	4,5±0,5	264×94×58	»	230
2ГД-8 БЭФ	2,0	80—7 000	90±10	15	0,23	3,4±0,5**	152×75	»	500

Продолжение табл 27-1

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых частот, *гц*	Основная резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Среднее стандартное звуковое давление, $н/м^2$	Полное сопротивление звуковой катушки $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя, *мм**	Тип магнита	Вес громкоговорителя, *г*
2ГД-19	2	80—10 000	80±10 100±10	15	0,2	4,5±0,7	152×50	Керновой	350
2ГД-28	2	80—10 000	80±10 100±10	15	0,2	4,5±0,7	152×50	»	350
3ГД-2	3,0	80—6 000	80±10	15	0,30	4,0±0.6	202×100	Кольцевой	1 200
3ГДВ-2	3,0	1 000—18 000	270±30	15	0,25	4,5±0,5	105×67	Керновой	230
3ГД-5 ВЭФ	3,0	100—7 000	120±10	15	0,25	3,4±0,3**	202×90	»	1 300
3ГД-6 БЭФ	3,0	80—7 000	80±10	15	0,25	3,4±0,3**	202×90	»	1 300
3ГД-7	3,0	80—7 000	90±10	14	0,25	4,5±0,5	204×134×77	»	650
3ГД-9	3,0	80—7 000	80±10	14	0,25	5,0±0,5	204×134×65	Кольцевой	900
4ГД-1	4,0	60—12 000	60±10	14	0,25	4,5±0,5	202×100	Керновой	600
4ГД-2	4,0	60—12 000	60±10	14	0,25	5,0±0,5	202×80	Кольцевой	900
4ГД-2 РРЗ	4,0	100—12 000	100±20	15	0,30	14±0,2	200×93	Керновой	900
4ГД-3 РРЗ	4,0	150—12 000	130±20	15	0,30	14±0,2	200×93	»	900
4ГД-3	4,0	70—7 000	70±20	14	0,25	4,5±0,5	197×98	Кольцевой	1 200
4ГД-7	4,0	60—12 000	60±10 90±15	15	0,20	4,5±0,7	202×80	Керновой	430

Продолжение табл. 27-1

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых частот, *гц*	Основная резонансная частота подвижной системы, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки $r_{гр}$, *ом*	Габариты громкоговорителя, *мм**	Тип магнита	Вес громкоговорителя, *г*
4ГД-28	4	60—12 000	60 90±15	15	0,20	4,5±0,7	25×20	Керновой	520
1ГД-1РРЗ	1,0	4 000—13 000	1200±500	15	0,40	10±1,0	105×63	»	260
5ГД-1РРЗ	5,0	80—10 000	65±10	15	0,40	4,0±0,4	260×180×103	»	750
5ГД-10	5,0	50—12 000	50±10	15	0,30	4,5±0,5	252×126	Кольцевой	1 700
5ГД-14	5,0	70—12 000	70±10 90±10	14	0,25	4,5±0,5	254×170×100	Керновой	700
5ГД-18	5,0	70—12 000	70±10 90±10	15	0,25	4,5±0,5	254×170×80	»	450
6ГД-1РРЗ	6,0	60—6 500	48±8	15	0,40	7,0±0,7	327×225×130	»	1 300
6ГДР-1	66,0	60—16 000	65±10	14	0,35	1,2	222×96	»	500
10ГД-17	10,0	40—8 000	50±10	14	0,30	4,5±0,5	295×140	Кольцевой	1 500
10ГД-18	10,0	50—8 000	50±10	12	0,30	8,0±0,8	324×212×128	»	200

* Для громкоговорителя с круглым диффузором первое число указывает диаметр, а второе — ширину громкоговорителя; для громкоговорителя с эллиптическим диффузором первое и второе числа указывают размеры осей эллипса, а третье — ширину громкоговорителя.

** Сопротивление звуковой катушки постоянному току.

Полное сопротивление громкоговорителя — сопротивление его звуковой катушки переменному току. На нижних частотах оно почти равно сопротивлению провода звуковой катушки для постоянного тока. С повышением частоты полное сопротивление громкоговорителя увеличивается. В паспортах громкоговорителей и табл. 27-1 указано полное сопротивление на частоте 1 000 *гц*.

При расчетах выходных трансформаторов (см. § 10-1) подставляют в формулы полное сопротивление $r_{гр}$ громкоговорителя при указанной частоте. Если известно только сопротивление звуковой катушки постоянному току $R_{з.к}$, то полное сопротивление можно определить по формуле

$$r_{гр} \simeq 1{,}25 R_{з.к}. \qquad (27\text{-}1)$$

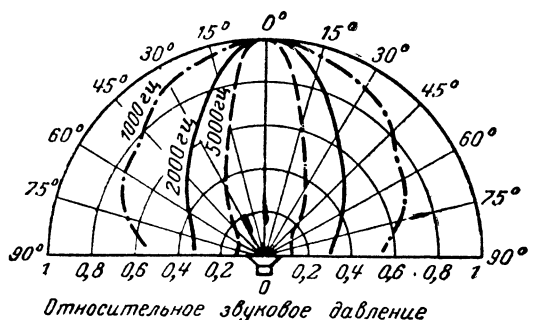


Рис. 27-5. Характеристики направленности громкоговорителя на разных частотах.

Характеристика направленности излучения громкоговорителя показывает зависимость звукового давления, создаваемого громкоговорителем в окружающем пространстве на определенном расстоянии, от угла к оси диффузора или рупора. Форма характеристики направленности зависит от частоты воспроизводимого звука (рис. 27-5): с увеличением частоты угол, в пределах которого громкоговоритель эффективно излучает звуковую энергию, резко уменьшается. Это нужно учитывать при установке громкоговорителей в открытом пространстве и больших залах. В небольших же помещениях (например, жилых комнатах) это явление сказывается слабее вследствие отражения звука от стен и окружающих предметов.

Уменьшение угла излучения на верхних частотах в большей или меньшей мере присуще каждому громкоговорителю.

Частотная характеристика громкоговорителя. Так называется кривая, выражающая зависимость создаваемого громкоговорителем звукового давления от частоты при неизменном напряжении, подводимом к громкоговорителю. По оси ординат частотной характеристики обычно откладывают уровень звукового давления в децибелах (рис. 27-6), которое получается на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя (по оси диффузора) при подаче на громкоговоритель пе-

ременного напряжения разных частот, соответствующего 0,1 номинальной мощности. Частотная характеристика дает представление о полосе воспроизводимых громкоговорителем частот и частотных искажений в этой полосе.

Было бы желательно, чтобы громкоговорители воспроизводили одинаково все звуковые частоты. Частотные характеристики таких громкоговорителей изображались бы горизонтальными прямыми. Однако они непрямолинейны, т. е. громкоговорители воспроизводят одни частоты лучше, другие — хуже. Чем ровнее частотная характеристика громкоговорителя, тем он лучше. Частотные характеристики позволяют сравнивать качество звучания громкоговорителей различных типов.

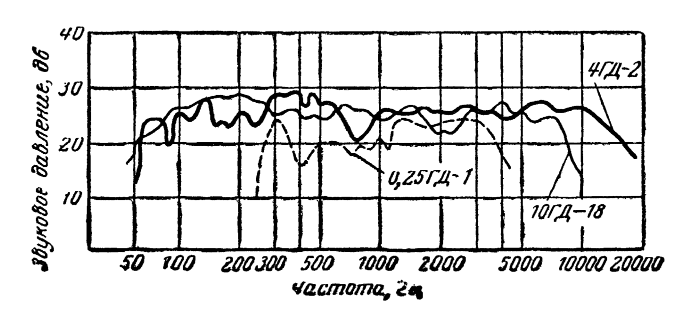


Рис. 27-6. Частотные характеристики громкоговорителей.

Резонансные частоты громкоговорителей выявляются на их частотных характеристиках как «пики». Так, на частотной характеристике громкоговорителя 0,25ГД-1 (рис. 27-6) явно виден пик на основной резонансной частоте около 300 *гц*. Основная резонансная частота громкоговорителей некоторых типов входит в их обозначение. Так, например, основная резонансная частота громкоговорителя типа 2ГД-3-80 — около 80 *гц*, а громкоговорителя типа 2ГД-3-100 — около 100 *гц*.

Неравномерность частотной характеристики, указываемая в децибелах (табл. 27-1), определяется разностью значений уровней наибольшего и наименьшего звукового давления в пределах воспроизводимого диапазона частот.

27-4. АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО ЗВУЧАНИЯ

Наиболее простое устройство, создающее эффект «объемности» звучания, состоит из двух громкоговорителей одинаковой мощности, но с разными частотами основного резонанса подвижной системы. Укрепляют громкоговорители под углом около 45° относительно передней (фронтовой) стенки ящика радиоприемника или иного звуковоспроизводящего устройства (рис. 27-7, *а*). Эффект объемности хорошо проявляется, если приемник установлен на расстоянии не менее 1 *м* от стены, а слушатели находятся на расстоянии более 2—2,5 *м*.

Псевдостереофонический эффект достигается применением в системе объемного звучания трех громкоговорителей и разделением между ними воспроизводимой полосы звуковых частот. Один из громкоговорителей с номинальной мощностью 3—10 *ва* и низкой частотой резонанса подвижной системы (40—60 *гц*) располагают на передней стороне ящика (рис. 28-7, *б*). Этот громкоговоритель называется низкочастотным или фронтальным; он воспроизводит нижние и частично средние звуковые частоты. Два других громкоговорителя мощностью по 1 *ва* (например, 1ГД-9, 1ГД-18) размещают на боковых стенках ящика. Они воспроизводят в основном верхние частоты звукового диапазона, и поэтому их называют высокочастотными (или боковыми). Разделение полосы частот осуществляют с помощью схем, приведенных в разд. 10 Справочника (см. рис. 10-5). При применении такого агрегата громкоговорителей, звуковые волны различных частот, отражаясь от стен помещения и находящихся в нем предметов, доходят до слушателя с различных направлений и различным запаздыванием по времени. В результате у слушателя создается иллюзия, что отдельные исполнители и музыкальные инструменты находятся в различных местах помещения.

Рис. 27-7. Акустические системы объемного звучания.

а — с двумя громкоговорителями, каждый из которых воспроизводит весь спектр звуковых частот; *б* — с тремя громкоговорителями (боковые — высокочастотные, фронтальный — низкочастотный); *в* — с четырьмя громкоговорителями (два высокочастотных и два низкочастотных).

Еще лучшие результаты получаются, если вместо одного применить два широкополосных фронтальных громкоговорителя с номинальными мощностями по 2—5 *ва* (рис. 27-7, *в*) с частотами основного резонанса, различающимися на 20—30 *гц*.

Дальнейшее улучшение псевдостереофонического эффекта можно получить, применяя выносные высокочастотные громкоговорители. Взаимное расположение их в комнате находят опытным путем рядом проб. Обычно высокочастотные громкоговорители располагают с двух сторон радиоприемника на расстоянии 1,5—2,5 *м* от него.

Способы соединения громкоговорителей в агрегате. При параллельном соединении громкоговорителей звуковая катушка каждого из них оказывается зашунтированной весьма малым сопротивлением, составленным из параллельно соединенного выходного сопротивления усилителя и сопротивления звуковой катушки второго

громкоговорителя. При последовательном соединении каждый из громкоговорителей оказывается зашунтированным выходным сопротивлением усилителя, увеличенным на сопротивление звуковой катушки второго громкоговорителя.

Резонансные свойства подвижной системы громкоговорителя проявляются тем слабее, чем меньшим сопротивлением шунтируется звуковая катушка. Поэтому при выборе способа соединения громкоговорителей (особенно «низкочастотных») предпочтение нужно отдать параллельному соединению. Его достоинством является также то, что в случае выхода из строя одного из громкоговорителей второй продолжает работать и нет опасности пробоя выходного трансформатора. Однако при параллельном соединении труднее заметить выход из строя одного из громкоговорителей.

При любом способе соединения (параллельном, последовательном) двух или нескольких громкоговорителей суммарная частотная характеристика агрегата становится более равномерной и качество звуковоспроизведения улучшается. Это объясняется тем, что частотные характеристики отдельных экземпляров громкоговорителей одного типа неодинаковы: «провалы» и «пики» оказываются в большинстве случаев на разных частотах.

Фазирование громкоговорителей. Звуковые катушки громкоговорителей, объединенных в одном звуковом агрегате, должны быть правильно соединены между собой — сфазированы. Если громкоговорители не сфазированы, отдача звукового агрегата на нижних частотах резко падает. В области верхних частот отдача агрегата уменьшается не столь заметно, но на его частотной характеристике образуются резко выраженные пики и провалы, что приводит к ухудшению качества звуковоспроизведения.

Фазирование громкоговорителей можно произвести следующим способом. К выходным зажимам агрегата (т. е. к звуковым катушкам) подключают батарейку от карманного фонаря. При этом диффузоры громкоговорителей сместятся от первоначального положения. Это можно проверить на ощупь. Направление смещения у всех громкоговорителей агрегата должно быть одинаковым (вперед или назад). Если диффузор одного из громкоговорителей смещается иначе, чем диффузоры других, то концы проводов, подпаянные к выводам звуковой катушки этого громкоговорителя, нужно поменять местами.

27-5. ЗВУКОВЫЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ

В простейшем случае в каждом канале стереофонической установки может работать по одному громкоговорителю. Однако в такой системе направленность излучения все же заметна. Менее заметную направленность можно получить, применяя в каждом канале звукового агрегата по два громкоговорителя. Один из них, предназначенный для воспроизведения нижних и частично средних частот, должен иметь большой диффузор и по возможности низкую частоту собственного резонанса, а другой — для воспроизведения верхних и частично средних частот — диффузор малого диаметра или эллиптический (например, типа 1ГД-9). Устанавливаются они на фронтальной доске ящика.

Стереофонический эффект особенно ощутим на средних и верхних частотах. Поэтому в каждом канале стереофонической системы

нет необходимости применять сложные акустические агрегаты. Упрощенная акустическая система стереофонической установки может состоять из одного низкочастотного звукового агрегата (для воспроизведения нижних и частично средних звуковых частот), состоящего из двух-трех громкоговорителей, и двух выносных громкоговорителей в небольших футлярах для воспроизведения верхних и частично средних частот. В этом случае каждый из выносных громкоговорителей включают на выход соответствующего канала стереофонического усилителя, а колебания нижних частот от обоих каналов подают на установленный в центре низкочастотный звуковой агрегат.

Размещение громкоговорителей в комнате. Жилая комната всегда имеет свои индивидуальные особенности, зависящие от формы ее, размеров, количества мебели, расстановки ее и даже от того, оклеены ли стены обоями или покрыты краской. В комнатах площадью менее 15—12 $м^2$ стереофонический эффект в полной мере не проявляется.

Обычно громкоговорители (или агрегаты) разных каналов устанавливают по углам комнаты ($Гр_1$ и $Гр_2$ на рис. 27-8), причем расстояние между ними в зависимости от размеров и формы комнаты может изменяться в пределах 1,5—4,5 *м*. Изменение расстояния в этих пределах влияет на стереофонический эффект. При слишком большом расстоянии между громкоговорителями наблюдается нарушение единства «звуковой

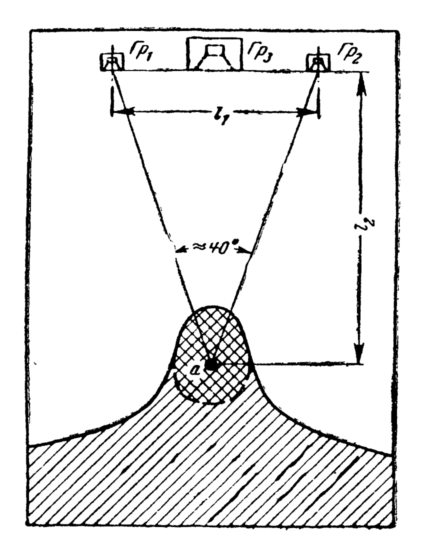


Рис. 27-8. Расположение громкоговорителей стереофонической системы в комнате.

Таблица 27-2

Наивыгоднейшие расстояния между громкоговорителями стереосистемы и слушателями (к рис. 27-8)

l_1, *м*	l_2, *м*
1,5	2,1
2,0	2,8
2,5	3,5
3,0	4,2
3,5	4,9
4,0	5,5
4,5	6,3

картины». Для получения наилучшего стереофонического восприятия слушатель (точка *а*) должен находиться на одинаковых расстояниях от левого и правого громкоговорителей. Кроме того, он должен размещаться от линии, на которой расположены громкоговорители, на расстоянии не меньшем, чем расстояние между самими громкоговорителями (табл. 27-2).

Вследствие отражения звука от стен комнаты стереофонический эффект наблюдается не только в точке *а*, но и на значительно большей площади (на рис. 27-8 она отмечена штриховкой).

При направлении громкоговорителей, расположенных по углам комнаты, к центру комнаты (по диагонали) площадь, в пределах которой наблюдается стереофонический эффект, уменьшается (на рис. 27-8 показана двойной штриховкой).

27-6. ГОЛОВНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

Головные телефоны (наушники) используют при радиосвязи, для контроля передач, а также в случаях, когда требуется соблюдение тишины, например в комнатах отдыха, больницах и пр. Они обладают большой чувствительностью: для создания достаточного звукового давления в небольшом объеме между телефоном и ушной раковиной, к которой он прижимается, достаточна мощность порядка нескольких микроватт.

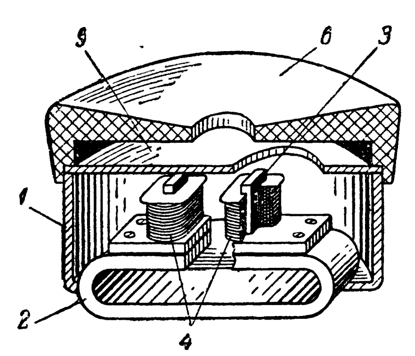


Рис. 27-9. Головной телефон в разрезе.

1 — пластмассовый корпус; *2* — постоянный магнит; *3* — полюсные наконечники; *4*—катушки с обмоткой; *5* — мембрана; *6* — амбушюр.

Электромагнитный телефон (рис. 27-9) состоит из корпуса *1* (обычно пластмассового), в котором находится постоянный магнит *2* с полюсными наконечниками *3*, на которые надеты катушки *4*. Перед полюсными наконечниками расположена стальная мембрана *5*. На корпус навинчена крышка (амбушюр) *6*, имеющая в средней своей части круглое отверстие. Наружной стороной крышка прикладывается к уху.

В зависимости от диаметра провода, которым намотаны катушки, и числа витков в них телефоны подразделяются на высокоомные с сопротивлением катушек постоянному току более 600 *ом* и низкоомные — 50—300 *ом*. Высокоомные головные телефоны можно непосредственно включать в анодную цепь оконечного каскада лампового радиоприемника с маломощной лампой. Для включения в коллекторную цепь оконечного каскада транзисторного радиоприемника более подходят низкоомные телефоны.

Широко распространены высокоомные головные телефоны типа ТОН-1 «Октава». Они выпускаются как парные с общей металличе-

ской дужкой, удобной для надевания на голову, и соединены последовательно. Общее сопротивление телефонов 4 400 *ом*. Каждая из катушек содержит 4 000 витков провода ПЭЛ 0,05.

При подведении к катушкам электромагнитного телефона переменного напряжения НЧ на мембрану его действует переменный магнитный поток. Чтобы мембрана колебалась с частотой подводимого переменного напряжения, необходимо, чтобы поток постоянного магнита телефона превышал переменный магнитный поток, создаваемый током, текущим через катушки. При отсутствии постоянного магнита мембрана будет притягиваться к полюсным наконечникам с одинаковой силой как при положительном, так и при отрицательном полупериоде тока звуковой частоты в катушках телефона, возвращаясь в начальное положение под действием упругой силы. В результате частота колебаний мембраны будет вдвое большей, т. е. возникнут сильные искажения.

Телефоны для слуховых аппаратов. В слуховых аппаратах (аппараты для плохо слышащих) применяются два вида малогабаритных телефонов, носящие названия «воздушный» и «костный».

«Воздушный» телефон имеет внутреннее устройство, аналогичное описанному выше телефону, и дополнительное приспособление для вставления его в канал уха. Обмотка телефона содержит $850\pm\pm10$ витков провода ПЭЛ 0,05—0,06; индуктивность ее 30 ± 5 *мгн*; сопротивление постоянному току 65 ± 5 *ом*.

«Костный» телефон прикладывают к кости черепа за ухом. При этом воспроизводимые телефоном звуковые колебания передаются непосредственно среднему уху человека. Такой телефон имеет обмотку с таким же количеством витков, как и воздушный, но выполненную проводом ПЭЛ 0,08; индуктивность ее 40 ± 10 *мгн*; сопротивление постоянному току 100 ± 10 *ом*.

РАЗДЕЛ 28

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ГРАММОФОННЫХ ЗАПИСЕЙ

28-1. ГРАММОФОННЫЕ ПЛАСТИНКИ

Граммофонные пластинки являются «носителями» и «хранителями» звуковых программ. Содержащиеся на них записи можно воспроизвести с помощью радиограммофона или радиолы. В обиходе встречаются грампластинки трех видов: монофонические с широкой канавкой (для краткости будем называть их «обычными»), монофонические с узкой канавкой (долгоиграющие) и стереофонические (табл. 28-1, 28-2 и рис. 28-1).

Долгоиграющие пластинки обеспечивают лучшее качество звучания, с ничтожным шипением. Объясняется это тем, что они изготовляются из смолянистых масс без твердого наполнителя. Уменьшенный уровень шумов позволил увеличить динамический диапазон звучания (можно записывать более слабые звуки) и расширить полосу воспроизводимых частот.

Таблица 28-1

Размеры граммофонных пластинок

Тип пластинки	Скорость вращения, *об/мин*	Наружный диаметр, *мм*	Толщина, *мм*	Условное обозначение формата
Монофоническая с узкой канавкой (долгоиграющая) и стереофоническая	$33\frac{1}{3}$	174	1,5—2,3	$Ф_{17}$
		250		$Ф_{25}$
		301		$Ф_{30}$
	45	174		$Ф_{17}$
Монофоническая с широкой канавкой	78	200	1,9—2,7	$Ф_{20}$
		250	2,1—2,9	$Ф_{25}$

Таблица 28-2

Размеры канавок грампластинок (рис. 28-1)

Тип пластинки	Ширина канавок *b*, *мкм*				Радиус закругления дна канавки *R* не более, *мкм*	Угол раскрытия φ, *град*
	вводной не менее	в зоне записи не менее	выводной не более	заключительной замкнутой		
Монофоническая с узкой канавкой (долгоиграющая)	55		100	100—150	7,5	90
Стереофоническая . . .	55	45	100	100—150	5,0	89—91
Монофоническая с широкой канавкой	140		170	140—250	25,0	90

Различные участки поверхности пластинки (считая от края) носят следующие названия: зона борта, содержащая вводную канавку (с шагом 0,8—1,6 *мм*); зона записи; зона зеркала, имеющая выводную канавку (с шагом 5—8 *мм*), переходящую в концентрическую замкнутую канавку (в этой части пластинки выгравирован номер записи); зона этикетки, в центре которой пробито отверстие диаметром 7,24 *мм*. Записи разных произведений, выполненные на

одной стороне пластинки, отделяются друг от друга промежутками шириной не менее 0,5 *мм*. В этих промежутках переход от одного произведения к другому осуществляется при помощи непрерывной соединительной канавки с шагом 0,8—1,6 *мм*.

По содержанию записей граммофонные пластинки разделяются на три группы: 1) с документальными и политико-просветительными записями; 2) с записью симфонических, камерно-инструментальных, камерно-вокальных, литературно-драматических, детских произведений, советских и зарубежных песен; 3) танцевальные и содержащие записи эстрадных выступлений и отрывков из оперетт.

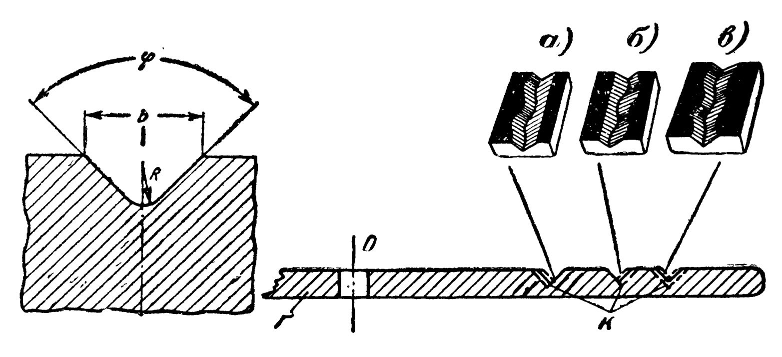


Рис. 28-1. Сечение звуковой канавки граммофонной пластинки.

Рис. 28-2. Канавки стереофонической пластинки.

а — с записью левого канала; *б* — с записью правого канала; *в* — записью обоих каналов. *Г* — граммофонная пластинка; *О* — ее ось вращения; *К* — канавки.

Стереофоническая грампластинка содержит двухканальную запись, выполненную в общей звуковой канавке (рис. 28-2); при этом звуковые бороздки обоих каналов нанесены в канавке под углом 45° к поверхности пластинки.

Запись звука сопровождается модулированием канавки — вырезанием в ней извилины. При записи левого канала модулируется стенка канавки, расположенная ближе к центру пластинки, а при записи правого канала — наклоненная к ее наружному краю. Такая система записи, имеющая условное обозначение 45/45, дает возможность проигрывать на стереофоническом радиограммофоне и обычные монофонические долгоиграющие пластинки (естественно, без стереофонического эффекта).

При воспроизведении стереофонических пластинок применяют специальные корундовые иглы с радиусом закругления острия около 17 *мкм* (от 13 до 18 *мкм*). Радиус же закругления иглы для воспроизведения монофонических долгоиграющих пластинок от 25 до 27 *мк*. Поэтому прослушивание на монофоническом граммофонном проигрывателе стереофонических пластинок вызывает повышенный износ их.

28-2. КОНСТРУКЦИИ ЗВУКОСНИМАТЕЛЕЙ

Звукосниматель — это прибор, преобразующий механические колебания иглы, скользящей по звуковой канавке граммофонной пластинки, в электрический сигнал, который после усиления подается на громкоговоритель. Игла звукоснимателя, двигаясь в звуковой канавке, должна легко следовать за всеми ее извилинами, не разрушая ее стенок. Поэтому все подвижные части звукоснимателя должны быть как можно легче.

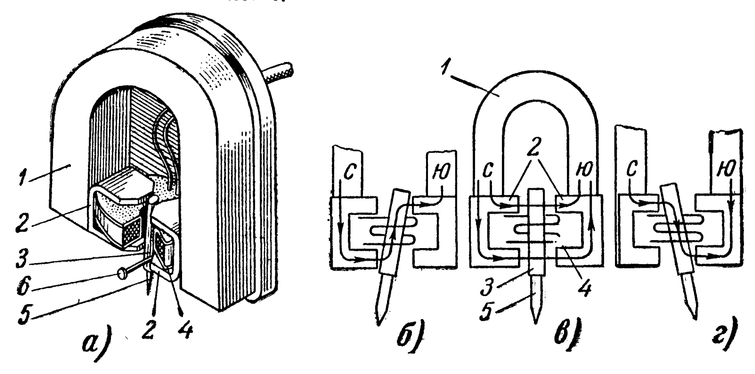


Рис. 28-3. Электромагнитный монофонический звукосниматель.

а — устройство; *б*, *в* и *г* — три положения якоря.
1 — магнит; *2* — полюсные наконечники; *3* — якорь с иглодержателем; *4* — обмотка; *5* — игла; *6* — зажимной винт иглы.

Электромагнитный монофонический звукосниматель (рис. 28-3). Во время воспроизведения записи с грампластинками игла и связанный с нею якорь отклоняются звуковой канавкой то в одну, то в другую сторону. При этом изменяются зазоры в магнитной цепи системы и в якоре появляется переменный магнитный поток. Так как якорь находится внутри катушки, то в ее витках возбуждается переменная э. д. с., величина которой прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока в якоре. Скорость же изменения этого потока в свою очередь пропорциональна колебательной скорости иглы (см. § 28-3). В результате напряжение, создаваемое электромагнитным звукоснимателем, оказывается в прямой зависимости от колебательной скорости иглы.

В подобных звукоснимателях применяются сменные иглы: стальные или укрепленные в металлической оправке корундовые. Неискаженное воспроизведение граммофонной записи достигается только в том случае, когда конец иглы опирается на стенки канавки, не касаясь ее дна. С этой целью радиус закругления у иглы для обычных пластинок делается 60 *мкм*, а для долгоиграющих 25—27 *мкм*.

За время проигрывания одной стороны обычной граммофонной пластинки путь, проходимый иглой, составляет около 200 *м*. При этом между концом иглы и стенками звуковой канавки имеет место значительное трение, ведущее к износу острия иглы и звуковой канавки пластинки.

Стальная игла, быстро изнашиваясь, позволяет хорошо воспроизвести только одну сторону обычной пластинки при 78 *об/мин*. Для проигрывания второй стороны нужно воспользоваться новой иглой. Нельзя продолжать пользоваться изношенной иглой, поворачивая ее в иглодержателе. Такая игла будет работать, как резец, сильно разрушая звуковую канавку на пластинке.

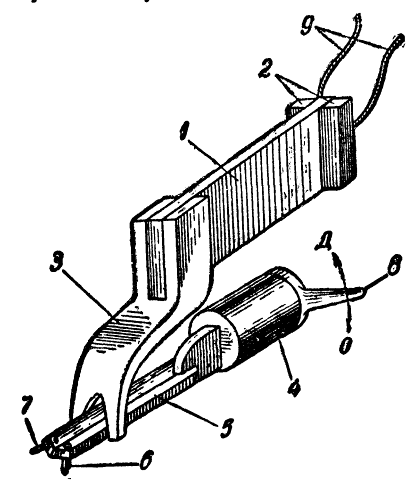


Рис. 28-4 Упрощенная схема механизма пьезоэлектрического монофонического звукоснимателя.

1 — пьезоэлемент; *2* — резиновые демпфирующие прокладки; *3* — поводок; *4* — резиновая прокладка иглодержателя; *5* — иглодержатель; *6* — игла для обычных пластинок; *7* — игла для долгоиграющих пластинок; *8* — переключатель игл (*Д* — долгоиграющая; *О* — обычная); *9* — выводы от проводящих обкладок пьезоэлемента.

Корундовые иглы более прочны. Ими можно проигрывать около тысячи пластинок с обеих сторон. Так же как и стальные, корундовые иглы во избежание быстрого разрушения канавки нельзя поворачивать в иглодержателе.

Пьезоэлектрический монофонический звукосниматель (рис. 28-4). Колебания иглы, скользящей по изгибам звуковой канавки грампластинки, через иглодержатель передаются в виде скручивающих усилий на пьезоэлемент. Чем дальше в сторону отклоняется (изгибом канавки) игла, тем больше скручивающее усилие она оказывает на пьезоэлемент. При этом на его плоскостях образуются электрические заряды, снимаемые с них проводящими ток обкладками.

В современных звукоснимателях применяют пьезоэлементы из сегнетовой соли, фосфата аммония, титана бария и пр. Наиболее распространены пьезоэлементы из последних двух материалов, как более прочных и выдерживающих значительные изменения температуры и влажности окружающей среды. Пьезоэлементы из сегнето-

вой соли постепенно выходят из употребления, так как они хрупки, гигроскопичны, нетеплоустойчивы и подвержены выветриванию.

Пьезоэлектрические звукосниматели обладают значительно более высокой чувствительностью, чем электромагнитные; они не боятся электромагнитных наводок, более просты по конструкции и — главное — обладают меньшим весом. Иглодержатели в таких звукоснимателях легкие, литые из пластмассы; в них закреплены по-

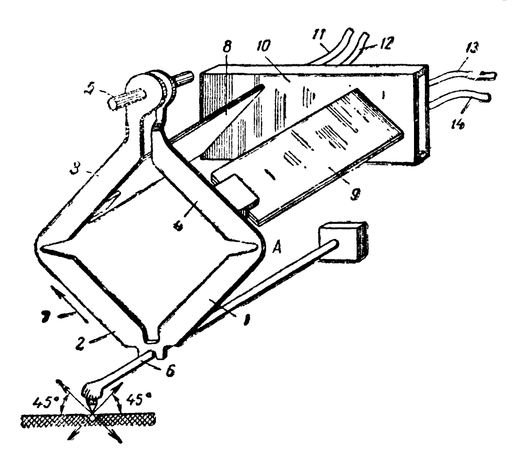


Рис. 28-5. Упрощенная схема пьезоэлектрического механизма стереофонического звукоснимателя.

1, 2, 3 и *4* — жесткие тяги, гибко связанные между собой; *5* — ось вращения тяг; *6* — рычаг иглодержателя; *7* — направление перемещения рычага *6*; *8* и *9* — пьезоэлементы; *10* — неподвижный держатель пьезоэлементов; *11* и *12* — выводы от пьезоэлемента правого канала; *13* и *14* — выводы от пьезоэлемента левого канала.

стоянные корундовые иглы. Иглодержатели легко заменяются вместе с изношенными иглами.

При переходе с воспроизведения обычных пластинок на воспроизведение долгоиграющих в звукоснимателе должна заменяться игла. Это осуществляется поворотом головки звукоснимателя на 180° ручкой, выведенной на торцовую часть тонарма (в таких головках иглы размещены на двух иглодержателях, расположенных с противоположных сторон пьезоэлемента), или поворотом иглодержателя вокруг его продольной оси на небольшой угол. В звукоснимателях последнего типа две иглы укреплены рядом под небольшим углом друг к другу на одном пластмассовом иглодержателе. В обоих типах пьезометрических звукоснимателей головки легко вынимаются из тонарма для замены или ремонта. В продажу также поступают запасные иглодержатели с иглами для ремонта головок.

Пьезоэлектрический стереофонический звукосниматель при проигрывании грампластинок вырабатывает два раздельных сигнала,

Таблица 28-3

Цветные обозначения положений переключателя на звукоснимателе

Типы воспроизводимых пластинок	Обозначения рабочих положений звукоснимателя		Цвет обозначения
	основные	дополнительные[1]	
Монофонические с узкой канавкой (долгоиграющие)	М	△	Красный
Стереофонические	С	⚭	Белый
Монофонические с узкой канавкой (долгоиграющие) и стереофонические (воспроизведение одной иглой)	МС	△ ⚭	Красный с белым
Монофонические с широкой канавкой	78	□	Зеленый

[1] Применяются только в сочетании с основными обозначениями. Без основных обозначений их проставляют только в устройствах, предназначенных для экспорта.

соответствующие записям левого и правого каналов. Упрощенная схема механизма такого звукоснимателя показана на рис. 28-5. Механизм состоит из четырех жестких тяг 1—4, гибко связанных между собой и могущих вращаться вокруг оси 5.

Если рычаг 6 иглодержателя сместится в направлении стрелки 7 (вдоль тяги 2), то тяга 1 повернется вокруг точки А, оставив тягу 4 неподвижной. Тяга 2, перемещаясь с рычагом 6 в направлении стрелки 7, повернет тягу 3 вокруг оси 5. Таким образом, извилины наружной стенки (правого канала) звуковой канавки будут смещать тягу 3, сохраняя неподвижной тягу 4, а извилины внутренней стенки (левого канала) вызовут смещение тяги 4, оставив неподвижной тягу 3.

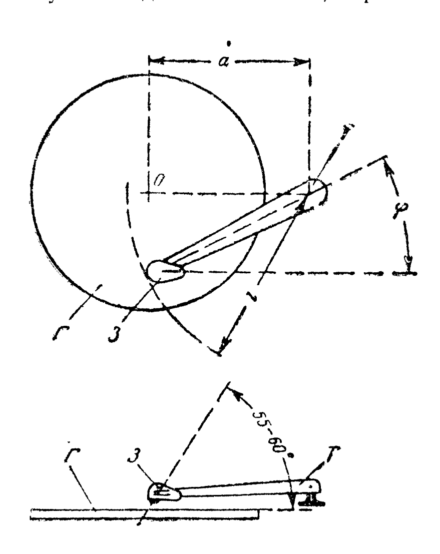


Рис. 28-6. Установка тонарма звукоснимателя.

Г — граммофонная пластинка; *З* — звукосниматель; *Т* — тонарм.

Так как к тягам 3 и 1 прикреплены концы пьезоэлементов 8 и 9 (противоположные их концы заделаны в неподвижном держателе 10), то получаются две механоэлектрические преобразующие системы с механическим разделением каналов.

Головка стереофонического звукоснимателя сменная: она легко вынимается из тонарма для ремонта или замены.

На звукоснимателях нанесены обозначения рабочих положений переключателя игл или сменных головок (табл. 28-3).

Установка звукоснимателя. Тонарм, т. е. деталь, на которой укреплен звукосниматель, определяет правильность положения последнего по отношению к граммофонной пластинке. Наименьшие искажения получаются при расположении центра вращения тонарма по отношению к центру вращения граммофонной пластинки согласно рис. 28-6 и табл. 28-4.

Маркировка выводов. Монофонические звукосниматели имеют два или три вывода: два — от кристалла, один — от экрана. У стереофонических звукоснимателей делаются три или четыре вывода. В первом случае один вывод (общий), который должен быть соединен с корпусом, выполнен черным проводом или маркирован черной краской; вывод левого канала сделан красным проводом или отмечен красной краской. Во втором случае выводы левого канала сделаны белым и синим проводами, а выводы правого канала — красным и зеленым проводами; с корпусом радиолы или проигрывателя соединяют белый и зеленый выводы.

Таблица 28-4

Конструктивные размеры тонармов

Размеры по рис. 28-6	Укороченный тонарм (для пластинок диаметром до 175 *мм*)	Нормальный тонарм (для пластинок всех форматов)	Удлиненный тонарм (для автоматов и крупногабаритных устройств)
Установочная база *a*, *мм*	115,0	175,0	215,0
Рабочая длина *l*, *мм*	132,5	194,5	231,0
Угол φ	30°10′	27°20′	22°40′

28-3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОСНИМАТЕЛЕЙ

Колебательная скорость иглы. Расстояние между крайними положениями конца иглы при движении ее по звуковой канавке называют амплитудой смещения. Чем она значительнее, тем больший путь пройдет конец иглы за единицу времени. Величину этого пути в сантиметрах за 1 *сек* называют колебательной скоростью иглы. Эта скорость непрерывно изменяется: в положении максимального отклонения, когда игла меняет направление, скорость равна нулю, а при прохождении положения покоя скорость максимальна и носит название амплитуды скорости. При расчетах применяют действующее (среднеквадратичное) значение колебательной скорости.

Напряжение, развиваемое на нагрузке звукоснимателя в процессе воспроизведения грампластинки, пропорционально колебательной скорости иглы. Поэтому колебательная скорость выбрана в качестве параметра, характеризующего запись.

Чувствительность звукоснимателя характеризуется действующим значением напряжения переменного тока, создаваемого звукоснимателем на нагрузке 1 *Мом* при воспроизведении частоты 1 000 *гц* при колебательной скорости конца иглы 1 *см/сек*, и измеряется в *мв/см/сек*.

Для нормальной работы усилителя НЧ (радиограммофона, радиоприемника, радиолы) к его входу (к гнездам «Звукосниматель») требуется подвести напряжение НЧ около 200—250 *мв*. Для обеспечения этого чувствительность звукоснимателя должна быть не менее 70 *мв/см/сек* при воспроизведении монофонической записи и не менее 100 *мв/см/сек* при воспроизведении стереофонической записи.

Частотные характеристики. Чувствительность звукоснимателя не остается постоянной в пределах звукового диапазона. Она зависит от частоты. График, показывающий изменение чувствительности звукоснимателя в зависимости от частоты преобразуемых колебаний, называют частотной характеристикой звукоснимателя.

Программы записаны на граммофонных пластинках так, что с повышением частоты колебательная скорость увеличивается (при постоянной амплитуде записываемого электрического сигнала). В связи с этим воспроизведение записи с минимальными частотными искажениями можно получить при условии, что чувствительность всего канала радиограммофона или низкочастотного канала радиолы, радиоприемника (звукоснимателя+усилитель НЧ+громкоговоритель) с повышением частоты уменьшается.

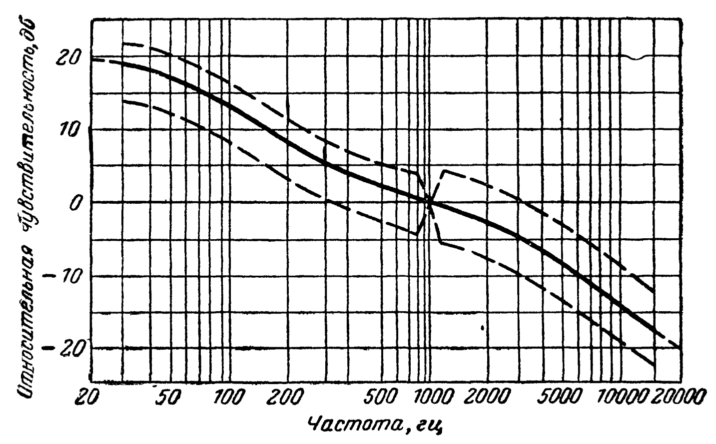


Рис. 28-7. Частотная характеристика воспроизведения.

Таблица 28-5

Параметры звукоснимателей

Наименование параметров	Для проигрывателей		
	I класса	II класса	III класса
Нагрузка на иглу не более *г* при воспроизведении грампластинки:			
монофонической . . .	7	7	10
стереофонической . . .	4	4	4
монофонической с узкой канавкой и стереофонической (одной иглой)	4	7	7
Диапазон воспроизводимых частот не у́же, *гц* . . .	30—15 000	50—12 000	50—10 000
Коэффициент нелинейных искажений не более, % .	3	4	5

В идеале **частотная характеристика воспроизведения** должна иметь вид, показанный на рис. 28-7 сплошной линией. Построить воспроизводящее устройство с точно такой частотной характеристикой трудно, однако небольшие отклонения от нее вполне допустимы. На рис. 28-7 границы зоны допустимых отклонений отмечены пунктирными линиями. Участок между этими линиями называют полем допусков.

Несовершенство существующих звукоснимателей вызывает необходимость корректировать частотную характеристику усилителя радиограммофона. Это осуществляется регуляторами тембра нижних и верхних частот (см. разд. 12).

Нагрузка на иглу представляет собой эффективный вес звукоснимателя или силу, действующую в вертикальном направлении на иглу в рабочем состоянии. Нагрузку на иглу измеряют в граммах. Чем меньше вес звукоснимателя, тем меньше нагрузка на иглу, тем меньше износ грампластинки и самой иглы (табл. 28-5).

28-4. ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Электропроигрывающие устройства поступают в продажу как самостоятельные конструкции или в составе радиограммофонов и радиол. В состав электропроигрывающего устройства входят: электродвигатель, граммофонный диск, система передачи вращения от электродвигателя к диску, допускающая изменение (переключение) числа оборотов последнего, и звукосниматель.

Промышленность выпускает электропроигрывающие устройства трех классов. К первому классу относятся стереофонические проигрыватели с наивысшими качественными показателями и наибольшими эксплуатационными удобствами. Они содержат: 1) устройство, производящее автоматическое опускание на пластинку и подъем звукоснимателя (без помощи рук); 2) устройство автоматической стабилизации скорости вращения диска (если применен асинхронный двигатель); 3) автостоп; 4) выключатель автостопа; 5) замыкатель звукоснимателя в нерабочем состоянии; 6) индикатор включения питания; 7) устройство, переводящее все детали в ненагруженное состояние при выключении электропроигрывателя.

Ко второму классу относятся стереофонические проигрыватели, содержащие устройства, перечисленные выше в п. 1, 3, 4, 5, 6 и 7.

К третьему классу относятся монофонические и упрощенные стереофонические проигрыватели с устройствами, указанными в п. 3, 4, 5 и 6; перевод всех деталей в ненагруженное состояние может быть как автоматическим, так и ручным.

Обозначения типов электропроигрывающих устройств состоят из букв ЭПУ, впереди которых ставится класс устройства, а позади — номер модели их, затем буква «А» (если имеется автомат для смены пластинок), далее — числа, указывающие количество скоростей вращения диска и напряжение питания.

Пример: 1ЭПУ-1А-3-127/220 *в* — электропроигрывающее устройство I класса, модель 1, с автоматом для смены пластинок на три

скорости вращения диска, с питанием от сетей переменного тока с напряжением 127 и 220 *в*.

28-5. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ГРАММОФОННЫХ ПРОИГРЫВАТЕЛЕЙ И РАДИОЛ

Электродвигатель ЭДГ-1 (рис. 28-8, *а*) изготовляется и регулируется вместе со ступенчатой насадкой, укрепленной на оси ротора таким образом, что при диске диаметром 246 *мм* и сцеплении его с той частью насадки, которая имеет больший диаметр, скорость вращения диска 78 *об/мин*. Эти электродвигатели обладают ничтожной вибрацией (в процессе изготовления роторы их тщательно балансируются) и допускают длительную работу.

Каждая из четырех катушек обмотки двигателя содержит 3 200 витков провода ПЭЛ 0,1.

Направление вращения ротора двигателя можно изменять, изменяя направление тока в одной из пар катушек.

Электродвигатель типа ДАП-1 (рис. 28-8, *б*). Его катушка содержит три обмотки. При работе от сети напряжением 220 *в* обмотки включаются последовательно. Для включения в сеть напряжением 127 *в* обмотка, содержащая 550 витков провода ПЭЛ 0,25, включается последовательно с соединенными параллельно обмотками с числом витков 1 500 провода ПЭЛ 0,18.

Электродвигатели АД-2, АД-5 и КД-2 (рис. 28-8, *в*). Обмотки: основная — 12×155 витков провода ПЭЛ 0,25; вспомогательная — 12×275 витков провода ПЭЛ 0,19.

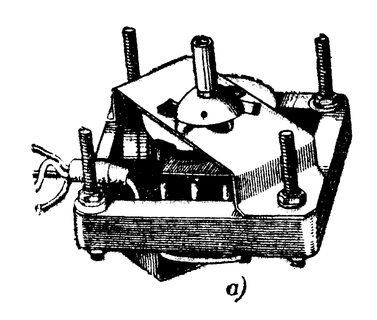
28-6. КОНТРОЛЬ ЧИСЛА ОБОРОТОВ ГРАММОФОННЫХ ПЛАСТИНОК

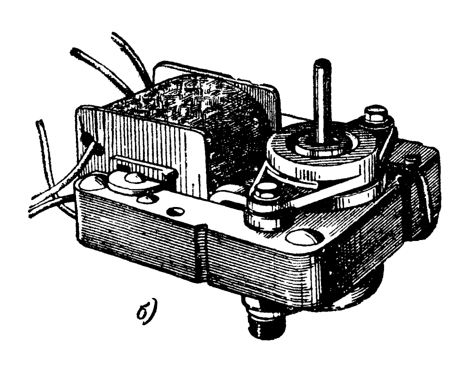
Число оборотов диска проигрывателя должно строго соответствовать указанному на пластинке, иначе неизбежны искажения, выражающиеся в изменении тональности (высоты звуков) при воспроизведении.

Контролировать скорость вращения пластинок удобно при помощи стробоскопических дисков (рис. 28-9). Их следует сфотографировать и отпечатки выполнить на плотной бумаге (фотокартон). В центре каждого круга нужно пробить круглое отверстие по диаметру оси проигрывателя (около 7,3 *мм*).

Для проверки скорости вращения стробоскопический диск накладывают сверху на грампластинку и освещают неоновой или люминесцентной лампой (рис. 28-10). Удобнее всего лампа типа СН-1, дающая яркий свет. При освещении дисков обычной электролампой накаливания стробоскопический эффект будет наблюдаться не в столь ярковыраженной форме.

Для проверки скорости вращения долгоиграющих пластинок, рассчитанных на 33$^1/_3$ *об/мин*, используется диск, изображенный на рис. 28-9, *а*. При заниженной скорости вращения все три пояса будут казаться вращающимися. Когда скорость достигнет 31,9 *об/мин*, будут казаться неподвижными метки внешнего пояса. Увеличивая





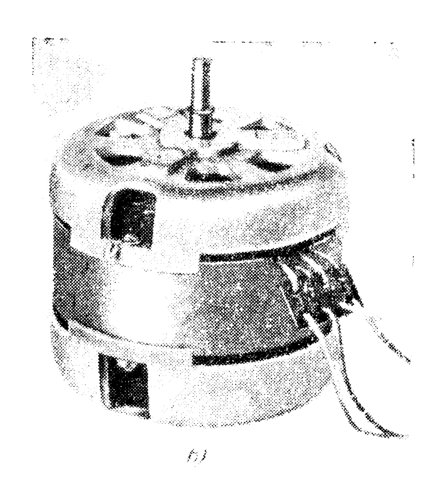
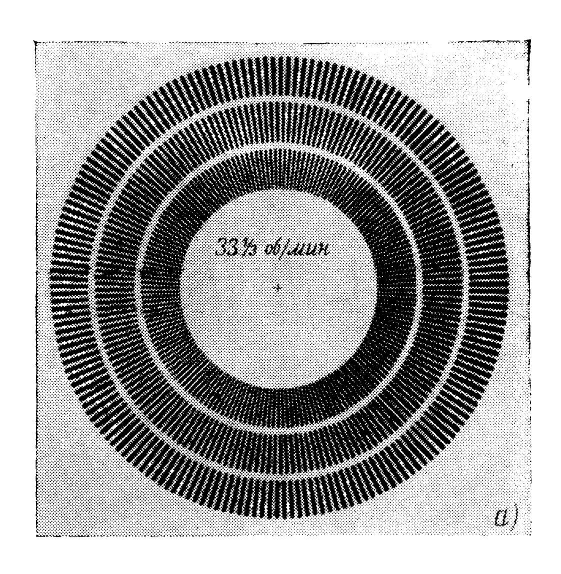
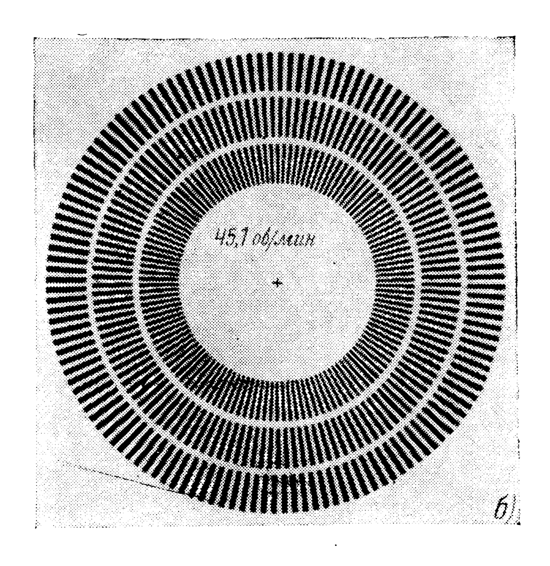


Рис. 28-8. Электродвигатели для граммофонных проигрывателей и радиол.

а — ЭДГ-1; *б* — ДАП-1; *в* — АД-2; АД-5, КД-2.


33⅓ об/мин
а)


45,1 об/мин
б)

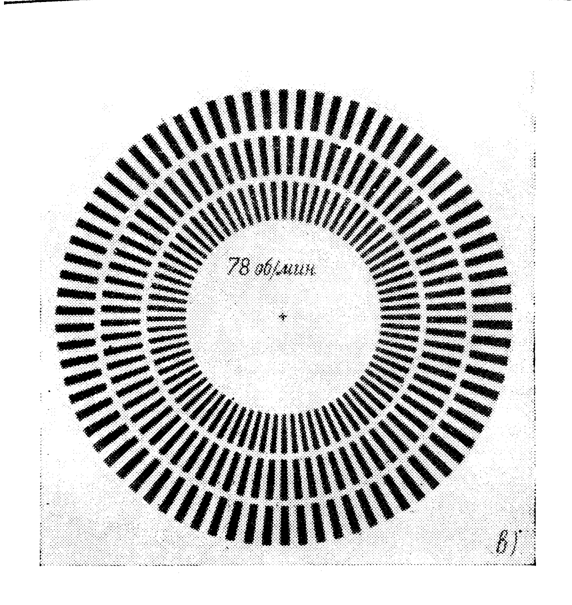


Рис. 28-9. Стробоскопические диски.

скорость вращения пластинки, а вместе с нею и стробоскопического диска, можно добиться, что неподвижными будут казаться черточки среднего пояса. Это произойдет при $33^{1}/_{3}$ *об/мин*, т. е. при нормальной скорости. В этом случае во время прослушивания грамзаписи не будет искажений, выражающихся в изменении тональности при воспроизведении. Если скорость пластинки увеличится до 34,5 *об/мин*, то неподвижными будут казаться метки внутреннего пояса.

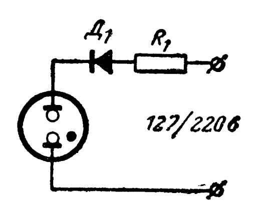


Рис. 28-10. Схема включения неоновой лампы.

Диск, изображенный на рис. 28-9, *б*, используют для контроля пластинок при 45 *об/мин*. Метки внешнего пояса будут казаться неподвижными при 44,1 *об/мин*, а метки среднего пояса — при нормальной скорости вращения 45,1 *об/мин*. При увеличении скорости до 46,1 *об/мин* покажутся неподвижными метки внутреннего пояса.

Диск, показанный на рис. 28-9, *в*, служит для проверки грампластинок с нормальной скоростью 78 *об/мин*. При этой скорости неподвижными будут метки среднего пояса, при скорости

77 *об/мин* — метки внешнего пояса и при скорости 79 *об/мин* — метки внутреннего пояса.

Для проверки скорости вращения долгоиграющих пластинок, рассчитанных на $16^2/_3$ *об/мин*, можно использовать диск, применяемый и для проверки скорости при $33^1/_3$ *об/мин*, но в этом случае освещать диск необходимо неоновой лампой типа МН-6 (или МН-3) и питать ее от сети переменного тока через выпрямитель, собранный по схеме на рис. 28-10. В качестве выпрямителя $Д_1$ можно использовать плоскостной германиевый диод Д7Ж или Д7Е. Точную величину сопротивления R_1 в выпрямителе нужно подобрать таким образом, чтобы ток в цепи неоновой лампы $Л_1$ не превышал 0,8 *ма* при применении лампы МН-6 или 1 *ма* в случае использования лампы МН-3. Для электросети напряжением 127 *в* ориентировочное значение сопротивления резистора $R_1 = 160$ *ком* для лампы МН-6 и 130 *ком* для лампы МН-3.

Стробоскопические диски особенно необходимы для проверки скорости вращения диска проигрывателя после ремонта электродвигателя или смены износившегося ступенчатого шкива на его валу.

Необходимо иметь в виду, что если стробоскопический диск наложить на диск проигрывателя без грампластинки, то результаты измерения будут менее точными, особенно в проигрывателях с маломощными электродвигателями. При наличии на диске проигрывателя граммофонной пластинки и установке на нее звукоснимателя число оборотов снизится.

РАЗДЕЛ 29

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ЗВУКА

29-1. ПРИНЦИП МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Свойство ферромагнитных материалов сохранять намагниченность после удаления их из магнитного поля используется для записи и хранения информации в самых различных областях науки и техники. Аппараты, построенные на этом принципе, носят общее название магнитных запоминающих устройств. Такие устройства, предназначенные для записи и воспроизведения звука, называются магнитофонами; они широко используются в радиовещании, звуковом кино и радиолюбителями.

Материалы, применяемые для сохранения в них какой-либо информации, носят общее название носителей записи. Материалы, используемые для записи звука, называются звуконосителями. Носитель записи, содержащий какую-либо информацию, называют сигналограммой. Сигналограмма, полученная в процессе записи звука, называется фонограммой, а в результате записи изображения — видеограммой.

В магнитофонах в качестве звукоснимателя применяют магнитную ленту. Она представляет собой гибкую пластмассовую основу шириной 6,25 *мм* (наиболее распространенный размер), на одну сторону которой нанесен рабочий слой, состоящий из порошка кристаллической окиси железа Fe_2O_3, частицы которого связа-

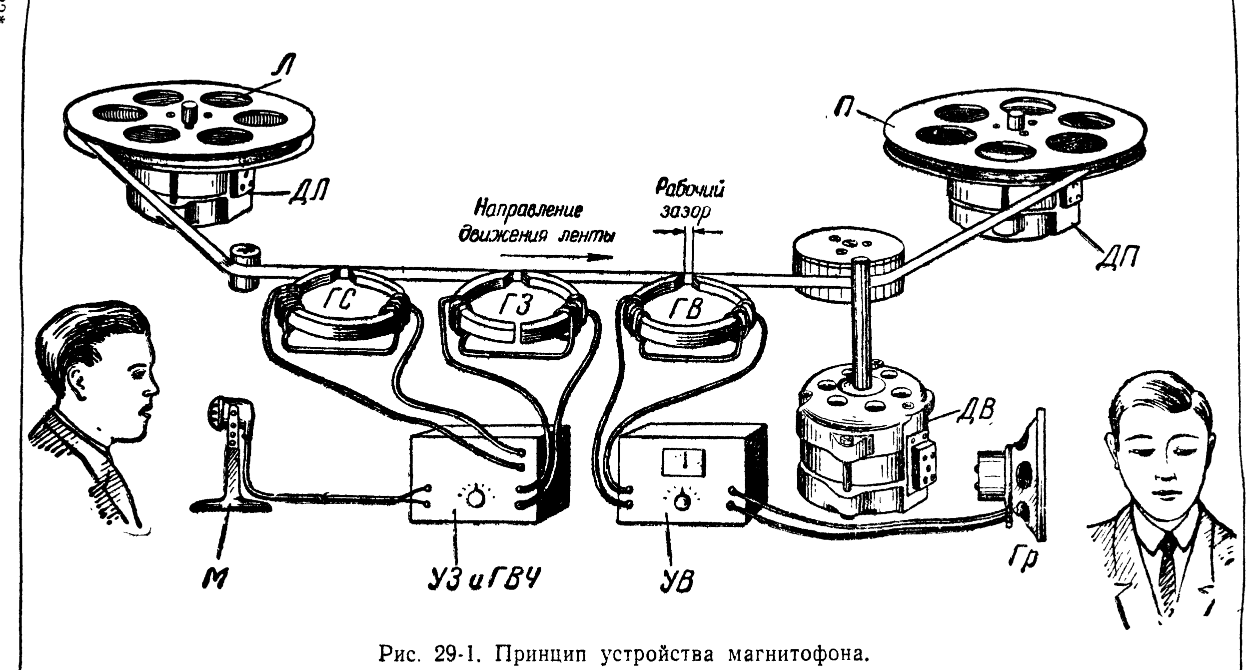


Рис. 29-1. Принцип устройства магнитофона.

ны между собой и с пластмассовой основой тонким слоем лака. Толщина наиболее распространенной магнитной ленты 55 *мкм*, толщина рабочего слоя 10—22 *мкм*.

Магнитная лента с записью музыкальной или какой-либо другой программы называется магнитофильмом.

Запись. Записываемые звуковые колебания преобразуются микрофоном *М* (рис. 29-1) в электрические сигналы. После прохождения через усилитель записи *УЗ* они поступают в обмотку тороидального (кольцевого) электромагнита *ГЗ*, называемого головкой записи. Ее сердечник разомкнут с одной стороны — имеет рабочий зазор. Магнитное поле в зазоре пропорционально току в обмотке головки.

Магнитная лента перематывается с катушки *Л* на катушку *П* с помощью электродвигателя *ДВ*. При своем движении она прилегает к рабочему зазору головки *ГЗ* и намагничивается в такт с приходящими к микрофону звуковыми колебаниями; получается магнитофильм.

Подмагничивание. Для улучшения качества записи через обмотку *ГЗ* вместе с сигналами звуковой частоты пропускают ток ВЧ (40—80 *кгц*), называемый током подмагничивания. Его вырабатывает генератор высокой частоты *ГВЧ*, который помещается в одном блоке с усилителем записи *УЗ*.

Стирание записи. Ненужная запись может быть удалена с магнитной ленты, или, как говорят, «стерта», путем размагничивания ее или, наоборот, намагничивания до насыщения, после чего ленту можно использовать для новой записи. Стирание производится стирающей магнитной головкой *ГС*. Принципиально она устроена так же, как и головка записи. В ее обмотку подается ток стирания ВЧ от того же генератора, который вырабатывает ток подмагничивания.

Вместо высокочастотных токов подмагничивания и стирания в наиболее простых магнитофонах применяют постоянные токи подмагничивания и стирания, однако качество записи при этом намного ухудшается.

Стирающий электромагнит. Стереть ненужную запись можно со всего рулона ленты сразу, используя электромагнит (рис. 29-2). Он представляет собой катушку с незамкнутым магнитным сердечником, питаемую переменным током. Для получения большего поля рассеивания вместо четырех-пяти стальных пластин в окно катушки при сборке сердечника помещают такие же по форме картонные прокладки толщиной 1,0 *мм*. Прокладки распределяют равномерно по сечению сердечника.

Обмотка содержит 2 000 витков провода ПЭЛ 0,51—0,58 для сети 220 *в* или 1 000 витков провода ПЭЛ 0,8—0,9 для сети 127 *в*. Размагничивающий электромагнит включают в электросеть, подносят к рулону ленты почти до соприкосновения с ним и медленно описывают электромагнитом несколько кругов, постепенно удаляя его от ленты. Включать и выключать электромагнит можно только на расстоянии не менее 0,5 *м* от ленты.

Воспроизведение записи. Чтобы воспроизвести записанное, магнитофильм надо перемотать в обратном направлении и пропустить с той же скоростью, что и при записи по головке воспроизведения *ГВ*, схожей по устройству с головкой записи. Магнитный поток, исходящий из магнитной ленты, замыкается через сердечник *ГВ* и воз-

буждает в ее обмотке электрические сигналы, подобные тем, которые проходили через обмотку *ГЗ* при записи. Эти сигналы усиливаются усилителем воспроизведения *УВ* и могут быть прослушаны через громкоговоритель *Гр*.

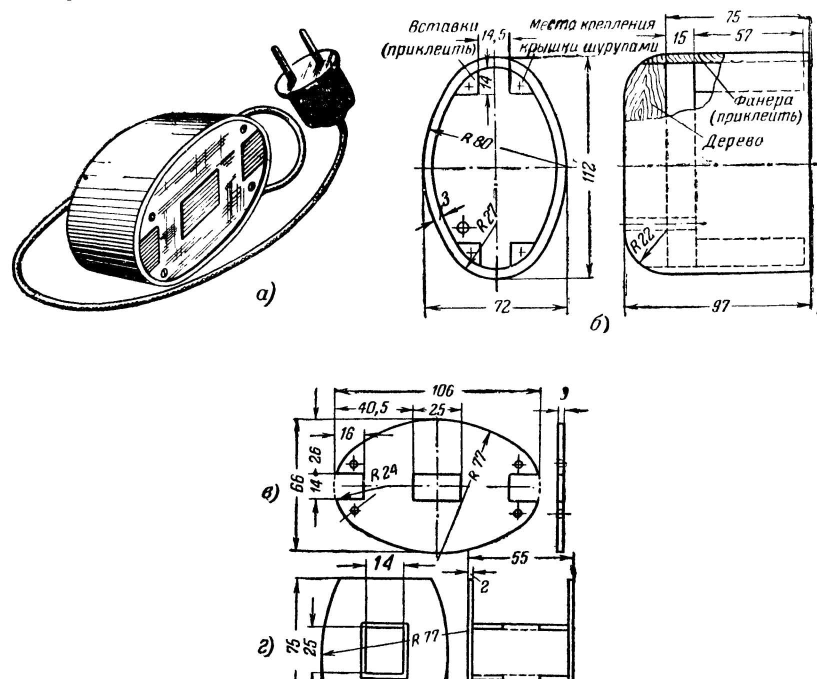


Рис. 29-2. Размагничивающий электромагнит.

а — общий вид; *б* — футляр; *в* — крышка футляра; *г* — каркас катушки.

При раздельных головках и усилителях записи и воспроизведения может осуществляться контроль качества записи в процессе самой записи с незначительным запаздыванием, которое определяется расстоянием между магнитными головками *ГЗ* и *ГВ*.

Левый электродвигатель *ДЛ* служит для натяжения ленты во время воспроизведения и записи, а также используется при необходимости ускоренной перемотки ленты на левую катушку *Л*. Ведущий электродвигатель *ДВ* служит для перемещения с постоянной скоростью ленты *МЛ* мимо магнитных головок *ГС*, *ГЗ* и *ГВ*. В систе-

ме, приведенной на рис. 29-1, двигатель *ДП* используется для перемотки ленты на правую катушку *П*.

Сквозной канал. Канал записи (микрофон—усилитель записи—записывающая головка — магнитная лента) и канал воспроизведения (магнитная лента — воспроизводящая головка — усилитель воспроизведения — громкоговоритель) в совокупности образуют сквозной канал. Начало процесса звукопередачи начинается в нем у микрофона и заканчивается громкоговорителем.

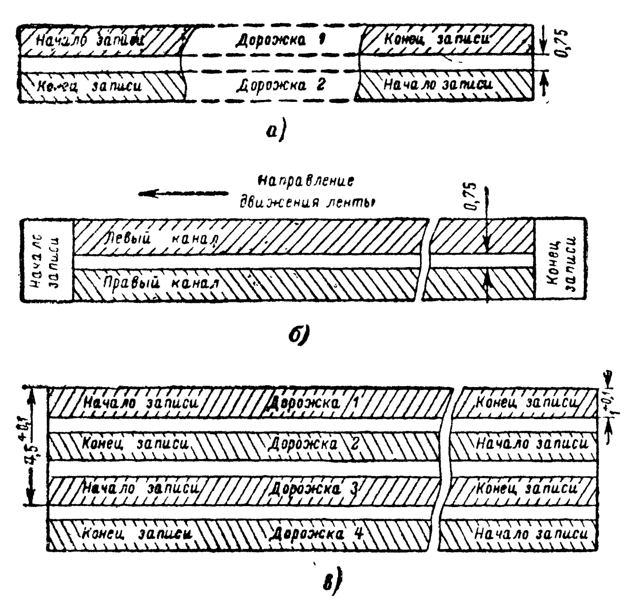


Рис. 29-3. Расположение дорожек записи на магнитной ленте.

а — двухдорожечной монофонической; *б* — двухдорожечной стереофонической; *в* — четырехдорожечной.

Во многих магнитофонах имеется только один «универсальный» усилитель, который используется поочередно или для записи, или для воспроизведения. При этом невозможно во время записи вести контроль ее качества, а следовательно, и нельзя оперативно вносить в нее коррективы. В таких магнитофонах прохождение сигнала по сквозному каналу осуществляется с большой задержкой во времени (время записи плюс время обратной перемотки ленты и переключений).

Двухдорожечная запись и воспроизведение. В целях экономии магнитной ленты большинство современных магнитофонов дает возможность производить запись фонограмм на двух параллельных дорожках одной и той же ленты (рис. 29-3, *а*). Сначала ведут запись по одному краю ленты, а затем, перевернув катушки и поменяв их местами (без перемотки ленты), записывают другую программу по

второму краю ленты. Такая система записи называется двухдорожечной. При воспроизведении записи с соответствующей дорожки ленты катушки устанавливают в те же положения, что и при записи.

В более совершенных магнитофонах переход с одной дорожки на другую осуществляется переключением магнитных головок (в таких магнитофонах их 2 комплекта) с одновременным изменением направления движения ленты (изменяя, например, направление вращения электродвигателя).

Двухдорожечную запись используют и в стереофонических двухканальных магнитофонах. В этом случае с помощью специальной головки, состоящей из двух расположенных одна над другой одинаковых записывающих головок, по одному краю ленты записывают сигналы «правого» канала и одновременно по другому краю — сигналы «левого» канала (рис. 29-3, *б*).

Воспроизведение стереофонической записи производят с помощью аналогичной спаренной воспроизводящей головки с применением двух усилителей воспроизведения и двух разнесенных громкоговорителей (или двух групп громкоговорителей — см. § 27-5).

Четырехдорожечная запись. Некоторые магнитофоны дают возможность осуществлять запись на четырех параллельных дорожках одной ленты (рис. 29-3, *в*). Монофонические записи производят сначала на дорожке 1, затем последовательно на дорожках 4, 3 и 2. Стереофонические записи ведут сначала на дорожках 1 и 3, а затем на дорожках 4 и 2. Во всех случаях используют спаренные головки. Переход с одной дорожки на другую при записи и воспроизведении производят переменой мест катушек с лентой с одновременным переворачиванием их, а при монофонической записи, кроме того, переключением на вход усилителя воспроизведения верхней и нижней обмоток головки.

Скорость движения ленты. Чтобы имелась возможность с помощью любого магнитофона воспроизводить записи, сделанные на каком-либо другом магнитофоне, скорости движения ленты относительно магнитных головок в настоящее время стандартизованы. Приняты четыре основные стандартные скорости: 31,8; 19,5; 9,53 и 4,76 *см/сек*. При этом во избежание значительных частотных искажений — изменения тональности звучания при воспроизведении — лента должна двигаться с такой же скоростью, как и при записи.

С увеличением скорости движения ленты через лентопротяжный механизм представляется возможность расширить диапазон частот записи и воспроизведения. В магнитофонах, используемых для передачи радиовещательных программ и записи звукового сопровождения кинофильмов (так называемые «профессиональные» магнитофоны), лента движется со скоростью 38,1 или 19,05 *см/сек*.

В магнитофонах широкого применения (бытовых) и радиолюбительских самодельных применяют скорости 19,05; 9,53 и 4,76 *см/сек*. В магнитофонах старых выпусков применялись и другие, нестандартные, скорости.

29-2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТОФОНОВ

Чтобы получить хорошую запись и воспроизведение, необходимо обеспечить постоянство (стабильность) скорости движения ленты во время этих процессов. При уменьшении скорости ленты по срав-

нению с ее стандартной величиной при записи или увеличении скорости во время воспроизведения звук становится более высоким по сравнению с естественным, а при обратных изменениях скоростей — более низким. Это явление называется **искажением тональности.**

Скорость движения ленты в магнитофонах изменяется при изменениях нагрузки двигателя лентопротяжного механизма, напряжения и частоты тока в электросети.

В наиболее сложных и высококачественных магнитофонах промышленного производства скорость движения ленты поддерживается с точностью до $\pm 0,5\%$. В магнитофонах широкого применения максимальные отклонения величин средних скоростей от их номинального значения допускаются до $\pm 2\%$ (для скорости ленты 4,76 *см/сек* — до $\pm 3\%$).

Такие же точности должны обеспечиваться и в любительских самодельных магнитофонах. Если отклонения скорости движения ленты не превышают указанных, тональность звучания воспроизводимой записи заметно не искажается.

Детонация. Существенным недостатком магнитофонов являются искажения воспроизводимого звука, вызываемые периодическими изменениями (колебаниями) скорости движения ленты около ее среднего стандартного значения. При конструировании магнитофонов всегда стремятся к тому, чтобы частота периодических изменений скорости и пределы этих изменений были возможно меньшими. Однако даже изготовленные с большой точностью и тщательностью лентопротяжные механизмы не могут обеспечить движения ленты совсем без таких колебаний.

Периодические изменения скорости ленты вызываются главным образом эксцентриситетом шкивов и других вращающихся частей лентопротяжного механизма (что обусловлено несовершенством изготовления вращающихся деталей), неодинаковой толщиной и плотностью по длине пасиков (бесконечных ремней в механических передачах вращения), наличием на пасиках утолщений сшивок и другими причинами. «Качание ротора» электродвигателя, происходящее вследствие неравномерности распределения и изменения магнитной индукции вдоль зазора между его ротором и статором на протяжении каждого полупериода питающего тока, тоже вызывает колебания скорости. При питании электродвигателя переменным током с частотой 50 *гц* колебания скорости происходят с частотой 100 *гц*.

Когда колебания скорости происходят с небольшой частотой (5—15 *гц*), наблюдаются особенно неприятные для слуха колебания частоты воспроизводимого сигнала — создается впечатление «плавания звука». Такие искажения называются детонацией первого рода. Если же изменения скорости происходят с частотой 100 *гц* и более, то при звуковоспроизведении наблюдаются быстрое вибрирование звука и хрипы. Такие искажения называют детонацией второго рода. Она возникает по упомянутым выше причинам.

Численное значение детонации определяют как отношение величины наибольшего изменения скорости к средней скорости движения ленты, выражая это отношение в процентах. У высококачественных профессиональных магнитофонов детонация не превышает 0,15—0,2%, а у магнитофонов широкого применения она достигает 0,6—0,9%.

Уровень записи. Это степень полезной намагниченности ленты, на которой осуществлена запись. Так как по длине ленты намагниченность непрерывно меняется, ее оценивают по среднему эффективному значению, поскольку это значение определяет средний уровень громкости воспроизведения данной записи. При чрезмерно большой намагниченности ленты (как говорят, при ее перемодуляции) возникают большие искажения.

Максимальный уровень записи — наибольший возможный уровень записи, ограниченный заданным коэффициентом нелинейных искажений. Максимальному уровню записи на ленте соответствует эффективное значение остаточного магнитного потока 25,6 *ммкс* на 1 *мм* ширины звуковой дорожки.

Максимальный уровень записи на ленте определяют путем сравнения громкости при воспроизведении с измерительной ленты и выполненной записи.

Частотная характеристика сквозного канала характеризует общие частотные искажения, вносимые магнитофоном в процессе записи и воспроизведения. Для получения такой характеристики на вход усилителя записи магнитофона подают сигнал с уровнем примерно в 5 раз меньшим максимально допустимого уровня и, поддерживая его строго постоянным, записывают ряд звуковых частот в пределах рабочего диапазона магнитофона.

При воспроизведении этой записи регистрируют зависимости выходного напряжения от частоты и полученные данные используют для построения частотной характеристики. Для этого на горизонтальной оси графика отмечают частоты, запись которых производилась на ленту, и над каждой отметкой по вертикали откладывают соответствующие значения выходного напряжения. Соединение полученного ряда точек линией даст частотную характеристику сквозного канала магнитофона.

Увеличивая скорость движения ленты, можно расширить диапазон воспроизводимых частот.

Относительный уровень шумов сквозного канала — отношение величин напряжения на выходе при воспроизведении «записи паузы» (во время записи на вход усилителя не подавался полезный сигнал) и воспроизведении записи с максимальным уровнем.

Для измерения относительного уровня шумов от звукового генератора на вход магнитофона подают нормальное входное напряжение частотой 400 *гц* при скорости движения ленты 38,1 и 19,05 *см/сек*, частотой 200 *гц* при скорости 9,53 *см/сек* и 100 *гц* при скорости 4,76 *см/сек* и записывают сигнал при номинальном положении регулятора усиления канала записи. Затем производят запись «паузы»: вместо генератора на вход усилителя присоединяют резистор с сопротивлением, равным внутреннему сопротивлению источника входного сигнала, и, не изменяя положения ручки регулятора усиления, снова производят запись. Переключив затем магнитофон на воспроизведение, при номинальном положении ручек регуляторов усиления и тембра регистрируют показания вольтметра на выходе магнитофона при прохождении через него ленты с сигналом и без сигнала.

Перед началом измерений лента, магнитные головки и другие детали, находящиеся на панели лентопротяжного механизма, должны быть тщательно размагничены с помощью размагничивающего дросселя (см. стр. 356 и 357).

В промышленных магнитофонах широкого применения с питанием от электросети относительный уровень шумов сквозного канала не хуже — 40 *дб*, а при батарейном питании не хуже — 45 *дб*.

29-3. МАГНИТНАЯ ЛЕНТА

В продаже имеется отечественная лента типов 1, 1Б, 2 и 6, а также типов С и СН, изготавливаемая в ГДР. Тип ленты обозначен на ней через каждые 40—50 *см* со стороны, где нет магнитного (рабочего) слоя. Ленты типов 1 и С предназначены для работы при скорости 76,2 *см/сек* в магнитофонах профессионального типа. Ленты типов 2, СН и 6 применяются при скорости 38,1 *см/сек* в аппаратах профессионального типа, а также в репортажных и любительских магнитофонах, в которых лента движется со скоростью 19,05 *см/сек* и ниже. На верхних звуковых частотах лента типа 2 дает примерно в 3, а лента типа 6 в 7 раз бóльшую отдачу, чем лента типа 1.

Напряжение ВЧ, подводимое к записывающей головке от генератора тока подмагничивания, и соответственно ток подмагничивания при применении лент типов 2, 6 и СН должны быть примерно в 2 раза больше, чем для лент типа 1 или 1Б.

Сердечники и катушки для ленты. Магнитную ленту наматывают на катушки из пластмассы или алюминия (рис. 29-4, *а* и табл. 29-1) рабочим слоем внутрь рулона, а в магнитофонах профессионального типа — на сердечники из пластмассы или стали (рис. 29-4, *б*). Стандартная длина ленты в рулоне, намотанном на сердечник, 1 000 *м*,

Магнитофильмы. В продаже имеются готовые музыкальные и речевые записи на магнитной ленте. Их называют магнитофильмами. Магнитофильмы двухдорожечные предназначены для проигрывания на магнитофонах, имеющих скорость движения ленты 19,05 *см/сек*. Запись в магнитофильмах произведена на ленте типа 2. К обоим концам магнитофильма подклеены ракорды — куски немагнитной ленты длиной по 1 *м*. Они предохраняют магнитную ленту от повреждения, кроме того, на ракордах проставляют название записи.

Таблица 29-1

Катушки для магнитной ленты (рис. 29-5, *а*)

Номер катушки	Наружный диаметр *d*, *мм*	Длина ленты в катушке, *м**	Продолжительность записи одной дорожки при скорости ленты		
			19,05 *см/сек*	9,53 *см/сек*	4,76 *см/сек*
7,5	75	50	4 *мин*	8 *мин*	16 *мин*
10	100	100	8 *мин*	16 *мин*	32 *мин*
13	127	180	16 *мин*	32 *мин*	1 *ч* 4 *мин*
15	147	250	20 *мин*	40 *мин*	1 *ч* 20 *мин*
18	178	350	30 *мин*	1 *ч*	2 *ч*
22	220	500	40 *мин*	1 *ч* 20 *мин*	2 *ч* 40 *мин*

* При толщине 55 *мкм*.

Хранение магнитной ленты и магнитофильмов желательно производить при температуре 10—20° С и относительной влажности воздуха 50—60%. В очень сухом помещении с повышенной температурой, а особенно после воздействия прямых солнечных лучей лента становится хрупкой и легко рвется; хранение в прохладном помещении действует менее вредно. Ленту надо хранить в картонной коробке в вертикальном положении.

Нельзя помещать магнитофильмы вблизи больших железных масс, а также электромагнитов, автотрансформаторов, стабилизаторов и других устройств, создающих сильные магнитные поля.

Практически срок службы ленты определяется износом ее от протягивания через лентопротяжное устройство. При аккуратном обращении и исправном магнитофоне правильно хранящийся магнитофильм может быть прослушан более тысячи раз.

Склейка ленты. Хорошо склеивает магнитную ленту клей, составленный из 2 весовых частей ацетона, 1 весовой части этилацетата и 1 весовой части ледяной уксусной кислоты. Можно применять также клей, состоящий из: уксусной кислоты — 23,5 *см*³, ацетона — 63,5 *см*³ и бутилацетата — 13,5 *см*³. На ленту нужно наносить тонкий и ровный слой клея. Если клея взято больше, чем следует, то после высыхания лента коробится.

При отсутствии специального клея для соединения концов оборванной ленты можно использовать липкий медицинский пластырь или уксусную эссенцию.

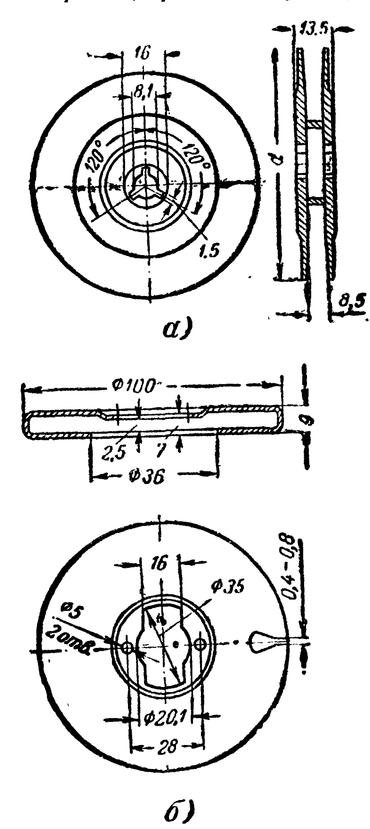


Рис. 29-4. Катушка (*а*) и сердечник (*б*) для намотки ленты.

Восстановление прочности ленты. После нескольких лет хранения, особенно в неблагоприятных условиях, основа ленты высыхает, лента становится хрупкой и легко рвется. Если ватой, смоченной в воде, протереть рулон ленты или обернуть катушку с лентой на 20—30 *мин* сырой тряпкой, то лента на некоторое время становится более прочной. Это позволяет воспроизвести долго хранившийся магнитофильм и одновременно перезаписать его на новую ленту.

29-4. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

В магнитофонах профессионального типа запись, воспроизведение и стирание выполняют отдельные специализированные головки. Принципиальное устройство всех этих головок одинаково. Они отличаются друг от друга только данными обмоток и размерами зазоров (табл. 29-2). В любительских магнитофонах с целью упрощения их запись и воспроизведение осуществляют одной и той же «универсальной» головкой.

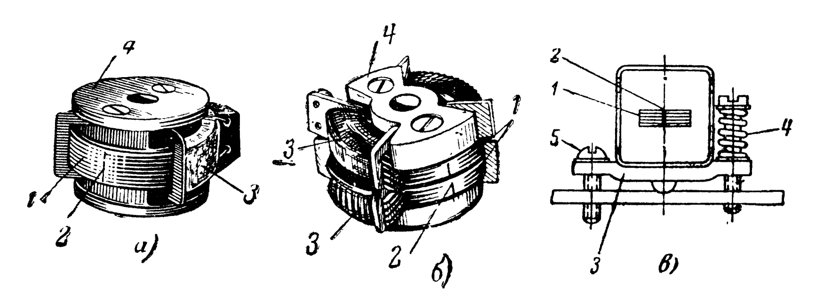


Рис. 29-5. Магнитные головки.

а — тороидальная для однодорожечной записи; *1* — сердечник; *2* — рабочий зазор; *3* — обмотка; *4* — щечки; *б* — для двухдорожечной записи; *1* — сердечник; *2* — рабочий зазор; *3* — обмотка; *4* — щечки; *в* — крепление головки; *1* — сердечник; *2* — рабочий зазор; *3* — качающаяся площадка; *4* — пружина; *5* — регулировочный винт.

Сердечники магнитных головок состоят из двух половин, собранных из пермаллоевых пластин толщиной 0,15—0,2 *мм*. Пластины склеены клеем БФ-4 или ЭКС-1. Половины сердечника соединяют при помощи щечек из немагнитного материала или скобы, опрессовывая пластмассой или иным способом (рис. 29-5).

Зазоры в магнитных головках образуются в месте соединения половин сердечника. В рабочий зазор вставлена прокладка из фосфористой или бериллиевой бронзы, предохраняющая его от забивания магнитными частицами, отделяющимися с поверхности ленты. Ширина рабочего зазора (т. е. толщина прокладки) у воспроизводящих, записывающих и универсальных головок от 3 до 20 *мкм*, а у стирающих от 50 до 200 *мкм*.

Задний зазор (противоположный рабочему) в записывающей и универсальной головке уменьшает постоянное намагничивание сердечника и этим улучшает качество записи. Воспроизводящие и стирающие головки выполняются без заднего зазора. Расположение головок по отношению к магнитной ленте, а также толщины их сердечников показаны на рис. 29-6.

На рис. 29-7 показана конструкция самодельной головки (рис. 29-7, *а*) с сердечником из пермаллоя (рис. 29-7, *б*) и трансформаторной стали (рис. 29-7, *в*). Данные обмоток: 2×1 500 витков ПЭЛ 0,09 для универсальной головки и 2×220 витков ПЭЛ 0,22 для стирающей.

На рис. 29-8 показана конструкция другой самодельной магнитной головки. Сборка головки производится в следующем порядке.

Таблица 29-2

Основные данные магнитных головок

Тип магнитофона	Назначение[1]	Обмотка		R, ом	L, мгн	Длина зазора, мкм		Рабочие токи, ма		
		w	d, мм			рабочего	заднего	записи	подмагничивания	стирания
Репортер-2	ГВ	2 000	0,08	500	2 000	10	Нет	—	—	—
	ГЗ	600	0,1	40	130	10	100	0,6	2,0	—
Репортер-3	ГВ	600	0,12	12	50	10	Нет	—	—	—
	ГЗ	150	0,15	3,5	4,5	10	»	3,5	12	—
Для двухдорожечной записи										
«Днепр-9»;	ГУ	2×1 500	0,1	180	900	8	100	0,5	0,4—0,5	
«Днепр-10»	ГС	2×100	0,27	1,6	10	100	Нет	—	—	100—150
«Днепр-11»	ГУ	2×1 500	0,1	180	1 000	8	Нет	0,1	0,5	—
	ГС	2×100	0,31	1,5	10	100	»	—	—	200
Эльфа-10; Эльфа-17;	ГУ	2×1 500	0,08	220	750	10	100	0,3	1,3	—
Эльфа-19	ГС	2×200	0,2	5	10	100	Нет	—	—	40

Продолжение табл. 29-2

Тип магнитофона	Назначение[1]	Обмотка		R, ом	L, мгн	Длина зазора, мкм		Рабочие токи, ма		
		w	d, мм			рабочего	заднего	записи	подмагничивания	стирания
Эльфа-20	ГУ	2×1 000	0,05	300	1 000	5	100	0,2	2	—
	ГС	250	0,15	35	6	100	Нет	—	—	40
«Яуза-5»	ГУ	2×2 500	0,05	1 000	1 250	8	Нет	0,1	1	—
	ГС	300	0,12	9	4,5	200	»	—	—	30
Яуза-10[3]	ГУ	2×2 500	0,03			5	Нет	0,06	0,6	—
	ГС	400	0,09			100	»	—	—	30
«Мелодия»	ГУ (МГУ-2)[2]	2 500	0,05	500	900	8	Нет	0,13	0,5	—
	ГС (МГС-1)[2]	400	0,15	10	7	200	»	—	—	45
«Астра»	ГУ	4 000[4]	0,05	600	4 000	5	Нет	0,5	20	—
	ГС	420	0,18	3,5	8	0,2	»	—	—	40

[1] ГВ — воспроизводящая; ГЗ — записывающая; ГС — стирающая; ГУ — универсальная.
[2] В скобках указан тип головки.
[3] Две дорожки при стереофонической записи (воспроизведении); четыре дорожки при монофонической записи (воспроизведении).
[4] Отвод от 500-го витка.

Из полосок пермаллоя толщиной 0,5—0,8 *мм* изготавливаются полюсные наконечники *1*. В рабочий зазор *2* между ними закладывается прокладка из бронзовой фольги, а затем полюсные наконечники припаиваются к латунной планке *3*. Верхней части этой планки необходимо с помощью напильника придать кривизну, соответствующую кривизне полюсных наконечников. После этого полюсные наконечники свободными концами вставляют в зазор между пермаллоевыми полосками *4* нижней части головки.

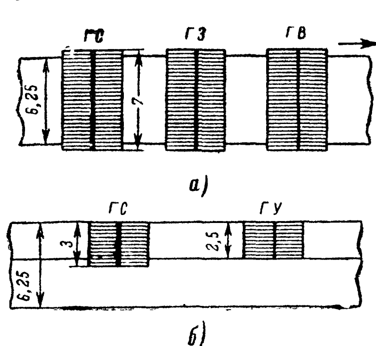
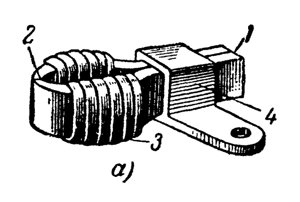
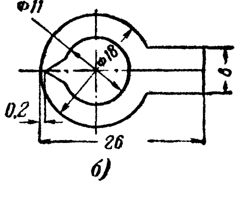


Рис. 29-6. Расположение магнитных головок относительно ленты для различных видов магнитофильмов.

а — однодорожечных; *б* — двухдорожечных.





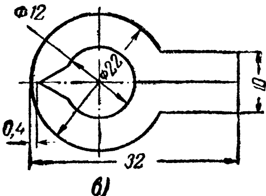


Рис. 29-7. Самодельная магнитная головка.

а — головка в сборе; *б*—размеры пластин из пермаллоя; *в* — размеры пластин из трансформаторной стали.
1 — сердечник; *2* — рабочий зазор; *3* — обмотка; *4*—обойма для соединения половин сердечника.

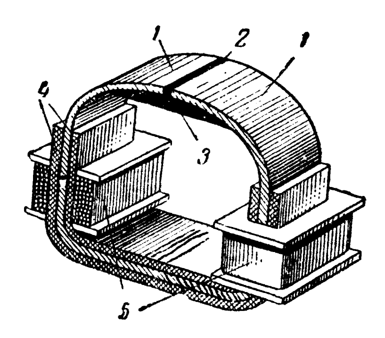


Рис. 29-8. Самодельная магнитная головка.

1 — полюсный наконечник; *2* — рабочий зазор; *3* — скрепляющая латунная планка; *4* — пермаллоевые полоски; *5* — катушки.

При рабочем зазоре 13 *мкм* и числе витков 2×1 500 провода ПЭЛ 0,09 головка имеет индуктивность около 800 *мгн*. Такую головку можно использовать в качестве универсальной (ток записи 0,07 *ма*,

ток подмагничивания 1 *ма*). Стирающая головка такой же конструкции с рабочим зазором 100 *мкм* и обмоткой 2×500 витков провода ПЭЛ 0,15 обеспечивает удовлетворительное стирание при токе около 10 *ма*.

Прижим ленты к головкам. Во время движения лента должна плотно прилегать ко всей поверхности универсальной магнитной головки в области ее рабочего зазора. Для этого лента должна быть или натянута во время движения благодаря торможению со стороны подающей катушки, или прижата с помощью небольшого кусочка фетра, наклеенного на плоскую пружину.

29-5. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Лентопротяжный механизм должен обеспечивать при записи и воспроизведении равномерное движение магнитной ленты с заданной скоростью, ускоренную перемотку ленты в прямом и обратном направлениях, а также быструю остановку ее после записи, воспроизведения и перемотки.

Лентопротяжные механизмы магнитофонов строят чаще всего с одним или тремя электродвигателями. Соответственно их называют одномоторными или трехмоторными.

В одномоторном механизме один и тот же двигатель используется для приведения в движение ленты при записи, воспроизведении и перемотке.

В трехмоторном механизме один двигатель — ведущий — приводит в движение ленту при записи и воспроизведении, а два других, расположенных на панели лентопротяжного механизма справа и слева от ведущего, используются для ускоренных перемоток и натяжения ленты во время записи и воспроизведения.

Катушку с лентой, укрепленную на валу левого двигателя, называют подающей, а катушку с лентой на валу правого двигателя — приемной. В любительских магнитофонах лента движется слева направо и наматывается на катушки рабочим слоем внутрь рулона.

Кинематическая схема одномоторного лентопротяжного механизма (рис. 29-9). При установке переключателя *1* в положение *Вкл* освобождается рычаг *2* и контактами *15* включается электродвигатель. Вращение его шкива *3* с помощью пасика *4* передается маховику *5* и находящемуся на его оси ведущему валу *6*. Магнитная лента *7*, зажатая между ведущим валом *6* и прижимным роликом *8*, движется в направлении стрелки. Прижимной ролик легко вращается на шарикоподшипниках. Прилегающая к ведущему валу поверхность прижимного ролика покрыта резиной.

Ускоренная перемотка ленты на левую или правую катушку производится перемещением рычага *9* соответственно влево или вправо. При перемещении влево промежуточный ролик *10* входит в жесткое сцепление с бортом шкива *11* левого подкатушника. При перемещении рычага *9* вправо промежуточный ролик *12* жестко сцепляется с бортом шкива *13* правого подкатушника.

Перемещение рычага *9* влево или вправо сопровождается перемещением рычага *2* вниз под действием выступа *14*, заканчивающегося шарикоподшипником, для уменьшения трения. Намотка ленты на правую катушку во время рабочего хода осуществляется вспомогательным пасиком, соединяющим маховик *5* с фрикционом на правом подкатушнике *13* (на рисунке он не показан).

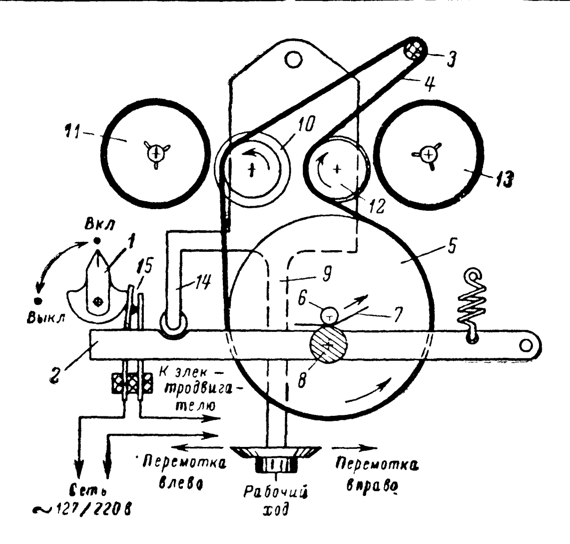


Рис. 29-9. Кинематическая схема одномоторного лентопротяжного механизма.

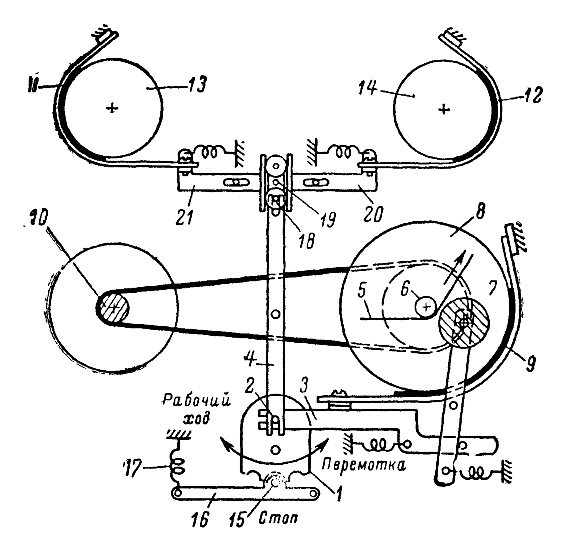


Рис. 29-10. Кинематическая схема трехмоторного лентопротяжного механизма.

В одномоторных лентопротяжных механизмах трудно избежать влияния устройств, служащих для передвижения и перемотки ленты, на стабильность вращения ведущего ролика. Неравномерность его вращения вызывается пасиками, фрикционами и другими вращающимися деталями.

Кинематическая схема трехмоторного лентопротяжного механизма (рис. 29-10). Такой механизм может с лучшей равномерностью и более постоянным натяжением от начала до конца рулона передвигать ленту при записи и воспроизведении. Объясняется это тем, что перемещение ленты осуществляется отдельным ведущим электродвигателем, который не испытывает дополнительных неравномерных нагрузок, создаваемых устройствами, производящими намотку ленты на катушки и ее торможением.

При установке переключателя *1* в положение *Рабочий ход* штифт *2* толкает вправо концы рычагов *3* и *4*. При этом лента *5* зажимается между ведущим валом *6* и прижимным роликом *7*, а маховик *8* освобождается от действия тормозной ленты *9*. Вращение к ведущему валу *6* и находящемуся на его оси маховику *8* передается от шкива *10* ведущего электродвигателя. Маховик *8* и шкив *10* вместе с соединяющим их пасиком образуют редуктор. При передвижении нижнего (по схеме) конца рычага *4* вправо (положение *Рабочий ход*) или влево (положение *Перемотка*) укрепленные на осях перематывающих двигателей шкивы *13* и *14* освобождаются от тормозных лент *11* и *12*.

Фиксация переключателя рода работ *1* в требуемом положении осуществляется штифтом *15* на рычаге *16*. Усиление фиксации создается пружиной *17*.

Верхний (по схеме) конец рычага *4* при своем перемещении толкает штифт *18* и поворачивает вокруг оси *19* небольшую площадку, на которой расположены два кольца, толкающих в противоположных направлениях рычаги *20* и *21* с тормозными лентами *11* и *12*.

В одномоторных и трехмоторных лентопротяжных механизмах бытовых и любительских магнитофонов передача вращения ведущему валу производится обычно с помощью редуктора, состоящего из шкива на валу электродвигателя, шкива на оси ведущего вала и соединяющего их пасика.

Для того чтобы лента двигалась с заданной скоростью v (*см/сек*), ведущий вал должен иметь диаметр (*мм*)

$$d = \frac{191v}{n}, \qquad (29\text{-}1)$$

где n — число оборотов его в минуту.

Минимальный диаметр ведущего вала, при котором лента протягивается без проскальзывания, составляет 2,5 *мм*. Очевидно, если ведущим валом является непосредственно вал электродвигателя, то число оборотов их одинаково. Если же применен редуктор, то число оборотов вала будет в n раз меньше, где n — передаточное число редуктора.

Электродвигатели. Чем больше скорость ленты и размер катушек в лентопротяжном механизме, тем больше должна быть мощность электродвигателя. В любительских магнитофонах с питанием от сети переменного тока применяют двигатели ДВА-У3, ДВА-У4, АД-2, АД-5, ЭДГ-1, ЭДГ-4, ДАГ-1, ДАП-1 и др. (см. § 28-5 и табл. 29-3).

Таблица 29-3

Электродвигатели переменного тока магнитофонов

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Скорость вращения ротора, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*	Пусковой момент, *Г·см*	Емкость конденсатора, *мкф*	Добавочное сопротивление, *ом*	Вес, *кг*	Диаметр корпуса, *мм*	Длина корпуса, *мм*
Гистерезисные двухскоростные двигатели										
ДВД-1[1]	220	1 500/750	14/7	105/95	1 300/800	2,75	250	7,1	145	200
Синхронно-реактивные двигатели										
ДВД-1Р	220	1 500/750	20/10	118/105	1 300/900	3	300	7,0	145	200
ДВС-У1 М	110/220	1 500	12	75	1 000	10/2,5	125/500	4,2	110	132
ДВС-У1	220	1 500	15	78	1 000	2,5	500	4,2	110	132
ДВС-010/5-4	220	1 500	15	108	1 000	3	500	6,7	126	255
ДВС-010/5-6	220	1 000	8	84	1 000	2,5	500	6,6	126	210
Асинхронные двигатели										
ДВА-У3[2]	220	1 430	30[3]	90	2 000	2,5	500	4,2	110	132
ДВА-У4[2]	220	610	6[4]	37	1 100	1,25	500	4,2	110	132
ДПА-010/5-4[5]	220	890	13[4]	100	3 000	2,75	250	5,8	126	210
ДПА-У1[5]	220	890	13[4]	100	3 000	2,75	250	4,2	110	132

Продолжение табл. 29-3

Тип двигателя	Напряжение питания, *в*	Скорость вращения ротора, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*	Пусковой момент *Г·см*	Емкость конденсатора, *мкф*	Добавочное сопротивление, *ом*	Вес, *кг*	Диаметр корпуса, *мм*	Длина корпуса, *мм*
ДПА-У2[5]	220	760	8[4]	67	3 000	1,5	250	3,0	110	132
2АСМ-50[6]	110	1 300	0,67[7]	25	225	4	—	0,72	75	58
2АСМ-200[6]	110	1 200	2,4[8]	50	560	4	—	1,25	70	90
АД-2[9]	127	1 480	5	36	500	2,5	500		100	70
АД-5[9]	127	1 460	5,2	35	500	2,0	500		80	78
ДМ-2[9]	180	960/460	14	50/59	1 000	3,5	—	3	103	80

[1]Применяется как ведущий двигатель в трехмоторных двухскоростных магнитофонах при скоростях ленты до 76,2 *см/сек* и катушках емкостью до 1 000 *м*. Снабжен тормозным устройством.

[2] Используется в одномоторных конструкциях в качестве ведущего и перематывающего, а в трехмоторных — только в качестве ведущего.

[3] Допускает применение катушек емкостью 1 000 *м* при скорости ленты 38,1 *см/сек* и меньшей.

[4] Допускает применение катушек емкостью до 500 *м* при скорости ленты 38,1 *см/сек* и 1 000 *м* при скорости 19,05 *см/сек*.

[5] Используется как перематывающий в трехмоторных магнитофонах.

[6] В любительских конструкциях магнитофонов используется в качестве ведущего и перематывающего. Передача вращения от двигателя осуществляется с помощью шкивов и пасика.

[7] При скорости 19,05 *см/сек* допустимо применять кассеты емкостью до 200 *м* ленты.

[8] При скорости 19,05 *см/сек* допустимо применять кассеты емкостью до 250 *м* ленты.

[9] Применяется в бытовых магнитофонах с одномоторным лентопротяжным механизмом. При скорости 19,05 *см/сек* допустимо применять кассеты вместительностью до 350 *м* ленты.

В переносных магнитофонах с батарейным питанием используют коллекторные двигатели постоянного тока 4ДКС-8, ДПМ-25, ДП-4, ДП-5 и др. (табл. 29-4).

Таблица 29-4

Коллекторные двигатели постоянного тока

Тип двигателя	Напряжение, *в*	Скорость вращения ротора, *об/мин*	Мощность на валу, *вт*	Потребляемая мощность, *вт*	Пусковой момент, *Г·см*	Вес, *кг*	Диаметр корпуса, *мм*	Длина корпуса, *мм*
Специальные двигатели для репортажных магнитофонов								
ДКС-8	12—16	2 000	0,4	0,9	19	0,25	40	64
2ДКС-7	5—7,5	2 000	0,2	0,6	19	0,08	20	48
4ДКС-8	12—16	2 000	0,8	1,75	39	0,25	40	65
Двигатели для устройств автоматического управления								
ДПМ-20	12/6	4 500	0,7	3,0	16	0,065	20	38
ДПМ-25	12/6	2 200	1,1	4,2	50	0,12	25	45,5
ДПМ-30	12	2 500	2,8	6,0	110	0,22	30	57
Двигатели для самоходных игрушек								
МГ85-706	4,5	2 000	0,24	2,1	12	—	36	35
ДП-4 и ДП-5	3,7	3 000[1]	0,5	2,1	10	—	23	35

[1] На холостом ходу.

29-6. УСИЛИТЕЛИ МАГНИТОФОНОВ

Магнитофон с отдельными усилителями записи и воспроизведения (рис. 29-1) является более совершенным, проще налаживается и позволяет осуществлять контроль качества записи в процессе самой записи. Однако в любительских и портативных магнитофонах в целях упрощения обычно используют один усилитель (рис. 29-11), который называют универсальным. Переход с одного рода работы на другой осуществляется в нем переключателем *П*. При установке переключателя в положение *В* (воспроизведение) универсальная магнитная головка включается на вход усилителя, а при установке в положение *З* (запись) — на его выход.

Усилитель записи (рис. 29-12) рассчитан для работы от микрофона в магнитофонах со скоростью движения ленты 19,05 и 9,53 *см/сек*. При работе от приемника сигнал снимается с нагрузки детектора и подается на резистор R_5.

Усиление на верхних частотах можно изменять с помощью резистора R_{10} при работе на скорости 9,53 *см/сек* и R_{11} при работе на скорости 19,05 *см/сек*.

Выходной сигнал на головку *ГЗ* снимается с резистора R_{16}. Усилитель рассчитан на работу с самодельной магнитной головкой (рис. 29-7), имеющей уменьшенное число витков (200+200 витков провода ПЭЛ 0,21).

Рис. 29-11. Блок-схема магнитофона с универсальным усилителем (*УУ*) и генератором (*ГВЧ*).

Для устранения возможности замыкания тока подмагничивания через резистор R_{16} в выходную цепь включен фильтр L_2C_{15}. Резистор R_{20} защищает записывающую головку от зарядного тока конденсатора C_{14}. Последний должен быть выбран с малой утечкой.

Предварительный усилитель воспроизведения (рис. 29-13) усиливает поступающие от воспроизводящей головки сигналы и должным образом корректирует их. Установка выходного напряжения производится потенциометром R_4, после чего положение ручки его фиксируется, и в дальнейшем по величине выходного напряжения судят о степени намагниченности ленты. Индикатором выходного напряжения служит вольтметр постоянного тока со шкалой 0—3 или 0—5 *в*.

Для работы с усилителем может быть применена самодельная универсальная головка (см. § 29-4).

Катушки L_1 на схемах по рис. 29-12 и 29-13 имеют одинаковое конструктивное устройство. Обмотки катушек L_1 и L_2 размещены на каркасе из изоляционного материала диаметром 10 и длиной 43 *мм*. По краям каркаса с помощью клея укрепляются щечки так, чтобы расстояние между ними было 30 *мм*. Толщина одной из щечек 10 *мм*, другой 3 *мм*. На металлическом шасси катушки укрепляются со стороны утолщенной щечки. Катушка L_1 содержит 5 000 витков ПЭЛ 0,1, а катушка L_2 — 475 витков провода ПЭЛ 0,47—0,51. Готовая катушка L_1 заключается в толстостенный стальной (отожженный) или пермаллоевый экран. С целью уменьшения размера катушек в них можно применить карбонильные сердечники; при этом число витков подбирается так, чтобы катушки обладали индуктивностью: L_1= =400 *мгн* и L_2=2 ÷ 2,5 *мгн* (см. стр. 631).

Питание накала лампы $Л_1$ (рис. 29-12 и 29-13) от полупроводникового выпрямителя, дающего напряжение 5 *в* при токе 0,3 *а*.

Универсальный усилитель для переносного магнитофона на двух транзисторах типа П13—П15 или П39—П41 (рис. 29-14). Величина постоянного тока подмагничивания при записи регулируется здесь переменным резистором R_9. Запись производится с угольного микрофона (включаемого в гнезда *М*) на предварительно размагниченной ленте. Микрофон получает питание от батареи *Б* через резистор R_1.

На рис. 29-15 приведена схема более совершенного транзистор-

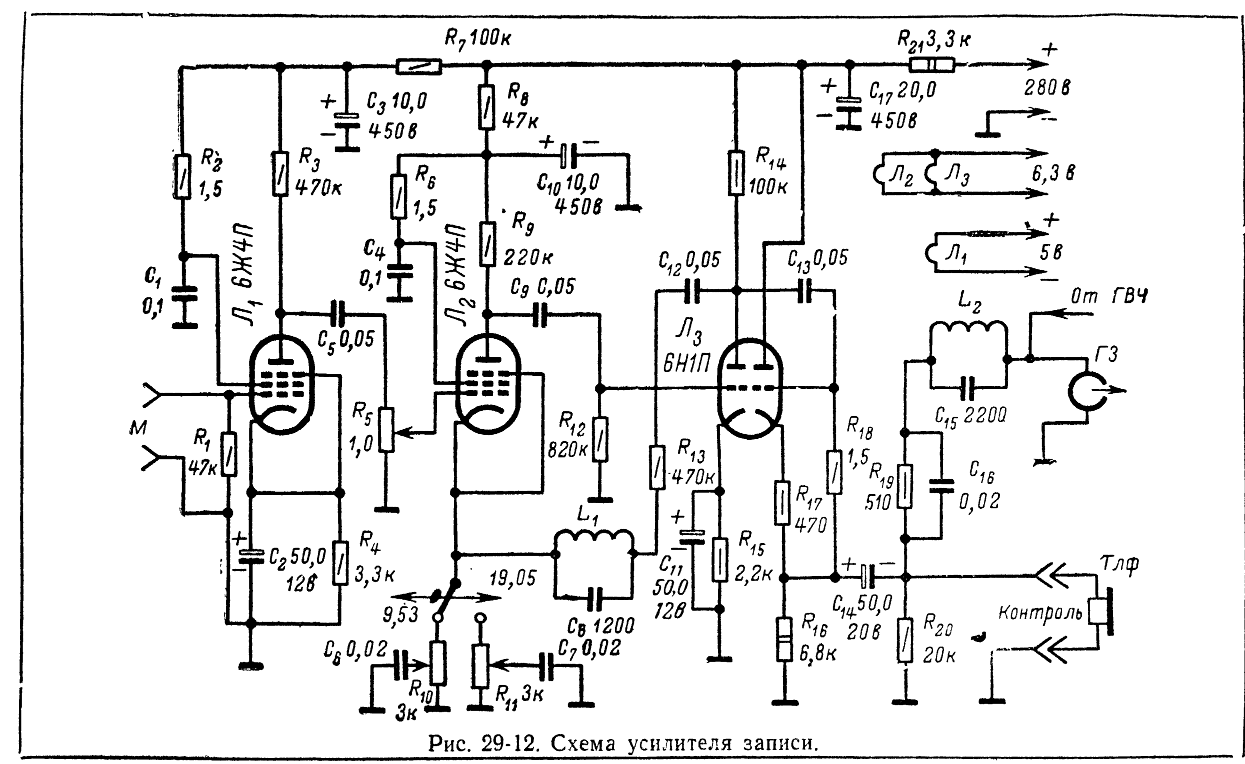


Рис. 29-12. Схема усилителя записи.

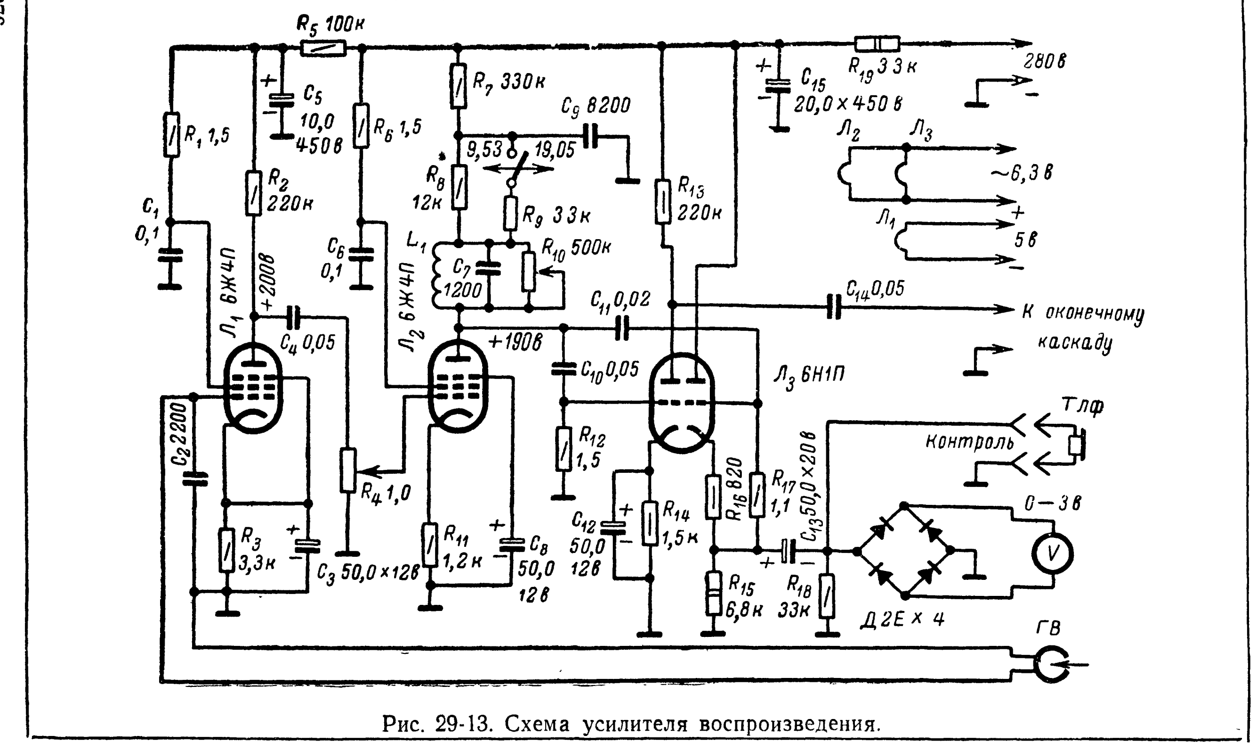


Рис. 29-13. Схема усилителя воспроизведения.

ного усилителя с коррекцией частотной характеристики и питанием записывающей (универсальной) головки высокочастотным током подмагничивания.

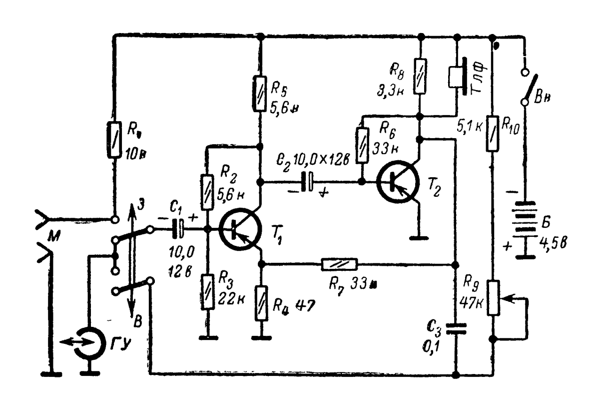


Рис. 29-14. Схема универсального усилителя для легкого переносного магнитофона.

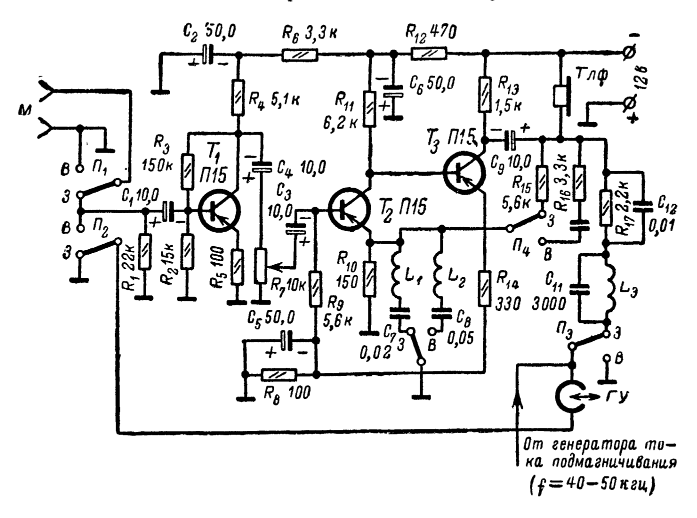


Рис. 29-15. Схема универсального транзисторного усилителя с ВЧ током подмагничивания.

Катушки L_1, L_2 и L_3 намотаны на горшкообразных карбонильных сердечниках СБ-23-17а. Обмотки катушек: L_1 и L_2 — по 480 витков провода ПЭЛ 0,18—0,21, а L_3 — 336 витков такого же провода. При отсутствии карбонильных сердечников катушки можно намо-

тать на картонные каркасы диаметром 12 *мм* между двумя укрепленными по их краям щечками диаметром 25 *мм* с расстоянием между ними 26 *мм*. В этом случае катушки L_1 и L_2 содержат по 1 200, а L_3 — 800 витков провода ПЭЛ 0,22.

В транзисторных усилителях можно применить самодельную универсальную головку. Каждая катушка ее должна иметь 500 витков с отводом от 250-го витка. Вся обмотка головки (2×500 витков) включается в усилитель только при воспроизведении, а при записи работает часть обмотки, составленная из последовательно соединенных секций по 250 витков.

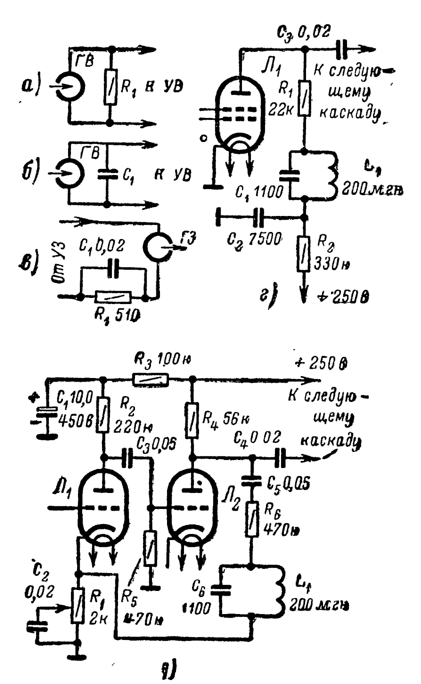


Рис. 29-16. Типовые схемы коррекции.

Коррекция частотных характеристик (улучшение их) усилителей магнитофонов необходима по ряду причин, наиболее существенными из которых являются: 1) лента саморазмагничивается и тем в большей степени, чем выше записываемая частота; 2) отдача магнитных головок на разных частотах неодинакова.

Частотную коррекцию осуществляют включением в усилители записи и воспроизведения или в цепи записывающей и воспроизводящей головок конденсаторов и катушек индуктивностей, а также введением в усилители частотно-зависимых отрицательных обратных связей (см. § 11-2).

Чтобы любой магнитофильм можно было воспроизводить на всяком магнитофоне и качество воспроизведения было по возможности одинаковым, частотные характеристики каналов воспроизведения магнитофонов должны быть одинаковыми. Практически требуемую характеристику этого канала устанавливают при помощи измерительной ленты (часть «Ч») (см. § 29-8), воспроизводя ее для этого на испытываемом (налаживаемом) магнитофоне.

Типовые схемы коррекции. На рис. 29-16, *а* резистор R_1, шунтирующий воспроизводящую головку *ГВ*, ослабляет усиление верхних и средних частот, вследствие чего происходит относительный подъем нижних частот. Уменьшение сопротивления резистора R_1 увеличивает влияние его на степень коррекции, но приводит к снижению уровня входного сигнала. По этой причине коррекция частотной характеристики шунтированием головки резистором осуществляется лишь частично.

На схеме по рис. 29-16, *б* для подъема усиления на высшей рабочей частоте использовано явление резонанса, возникающее на этой частоте в контуре, образованном индуктивностью обмотки головки и конденсатором C_1.

На схеме по рис. 29-16, *в* показано включение корректирующей ячейки C_1R_1 в цепь записывающей головки. Поскольку сопротивление магнитной головки, которая является выходной нагрузкой усилителя записи, носит в основном индуктивный характер, оно растет

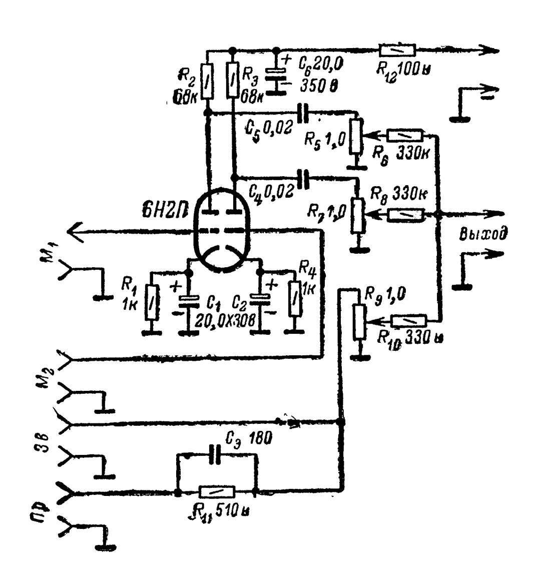


Рис. 29-17. Схема лампового микшера на двойном триоде.

с частотой. Для некоторого выравнивания сопротивления нагрузки в рабочей полосе частот в цепь головки включается корректирующая ячейка C_1R_1. Сопротивление ее увеличивается с уменьшением частоты сигнала. Элементы ячейки выбирают так, чтобы на низшей частоте сопротивление ячейки было примерно равно сопротивлению универсальной головки на высшей частоте. В результате нагрузка усилителя не изменяется в зависимости от частоты в столь больших пределах, как без корректирующей ячейки.

Весьма эффективная схема коррекции приведена на рис. 29-16, *г*. Здесь в анодную цепь первого каскада усилителя включена частотно зависимая нагрузка. На средних частотах основной нагрузкой является резистор R_1. Резонансный контур L_1C_1, настроенный на высшую частоту, представляет для средней частоты малое сопротивление, а резистор R_2 и конденсатор C_2 ведут себя на средних и более высоких частотах, как ячейка развязки. С повышением частоты полное сопротивление контура L_1C_1 увеличивается и достигает наиболь-

шей величины на высшей рабочей частоте. Вследствие этого происходит подъем частотной характеристики на верхних частотах. При этом анодной нагрузкой служит суммарное сопротивление контура L_1C_1 и резистор R_1. На низшей рабочей частоте влияние конденсатора C_2 оказывается ничтожным, и нагрузка лампы определяется в основном суммой сопротивлений резисторов R_1 и R_2.

На рис. 29-16, *д* показан способ коррекции частотной характеристики с помощью частотно зависимой отрицательной обратной связи, которая подается из анодной цепи лампы $Л_2$ в цепь катода

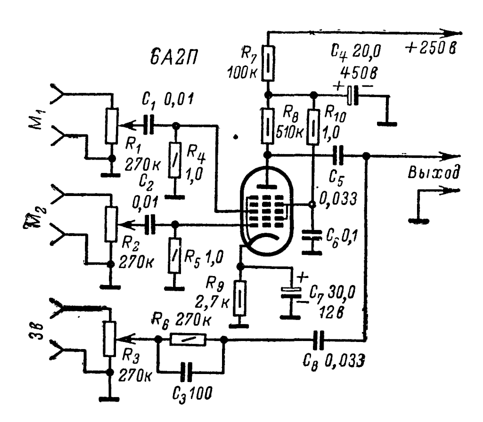


Рис. 29-18. Схема лампового микшера на гептоде.

лампы $Л_1$. Глубина отрицательной обратной связи зависит от частоты звукового сигнала вследствие наличия в цепи обратной связи резонансного контура L_1C_6. Этот контур настраивается на высшую рабочую частоту (10 000 *гц* при указанных на схеме деталях). Усиление на этой частоте наибольшее.

С помощью переменного резистора R_1 можно регулировать величину подъема усиления на верхних частотах. Резистор R_6 ограничивает величину обратной связи во всем звуковом диапазоне.

Смесители программ. Для одновременной записи от одного или двух микрофонов и записи речи на фоне музыки с плавным изменением уровня сигнала, поступающего с любого входа, используются смесители, которые называют также микшерными устройствами.

Ламповый микшер на двойном триоде (рис. 29-17). Гнезда M_1 и M_2 служат для включения микрофонов, *Зв* — звукоснимателя и *Пр* — приемника. В приемнике сигнал снимается с нагрузки детектора или крайних выводов потенциометра регулятора громкости. Емкость конденсатора C_3 и сопротивление резистора R_{11} подбираются опытным путем. Напряжение анодного питания 200—250 *в*.

Ламповый микшер на гептоде (рис. 29-18). Микрофоны включаются в гнезда M_1, M_2, звукосниматель — в гнезда *Зв*. Вместо гептода 6А2П можно применить гептод 6А7.

Транзисторный микшер (рис. 29-19). В гнезда M_1, M_2 и M_3 включают микрофоны. Если в какие-либо из этих гнезд нужно включить звукосниматель, то сопротивление подключенного к этим гнездам резистора с 47 *ком* следует увеличить до 4,7 *Мом*.

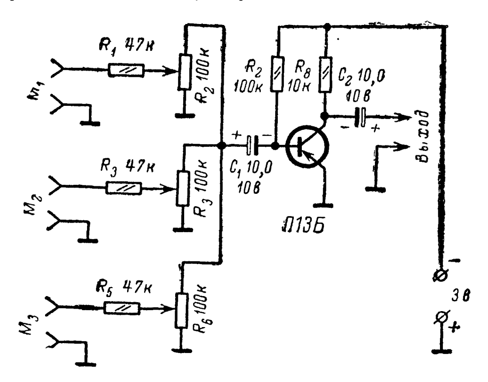


Рис. 29-19. Схема микшера на транзисторе.

29-7. ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Генератор высокой частоты любительского магнитофона, необходимый для подмагничивания ленты и стирания, можно собрать по схеме на рис. 29-20, *а*. Частота колебаний генератора 42 *кгц*. Катушка генератора (рис. 29-20, *б*) магнитного сердечника не имеет.

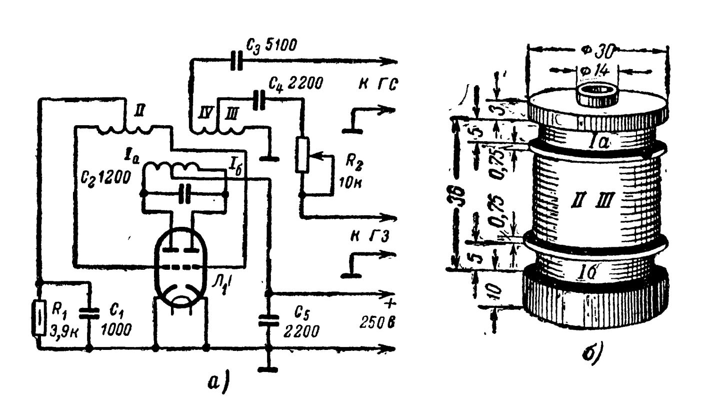


Рис. 29-20. Ламповый генератор высокой частоты для магнитофона.

а — принципиальная схема; *б* — каркас с обмотками.

Ее каркас изготовляют из органического стекла, хорошо просушенного дерева или картона. Деревянный или картонный каркас пропитывают 10-процентным целлулоидным клеем (10 *г* очищенной кинопленки, растворенной в 90 *мл* ацетона). Одну из щечек каркаса делают толщиной 3 *мм*, другую — 10 *мм*.

Обмотки *Iа* и *Iб* имеют по 550 витков провода ПЭЛ 0,21; обмотка *II* — 125+125 витков ПЭЛ 0,2—0,22; обмотка *III* — 250 витков

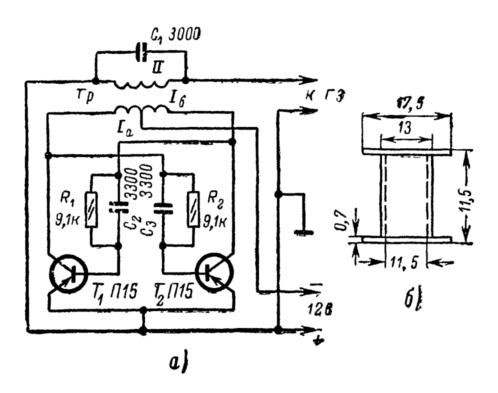


Рис. 29-21. Генератор высокой частоты на транзисторах.

а — принципиальная схема; *б* — каркас катушки.

ПЭЛ 0,31; обмотка *IV* — 50 витков ПЭЛ 0,31. Каркас укрепляют на шасси усилителя утолщенной щечкой.

Для магнитофонов на транзисторах, в которых запись производится на заранее размагниченной ленте, ГВЧ собирается по схеме на рис. 29-21, *а*. Трансформатор *Тр* собирается на каркасе, показанном на рис. 29-21, *б*. Обмотки содержат: *I а* и *I б* — по 160 витков провода ПЭЛ 0,09; *II* — 200 витков ПЭЛ 0,12. После намотки катушку помещают в броневой карбонильный сердечник типа СБ 23-17а.

29-8. НАЛАЖИВАНИЕ МАГНИТОФОНОВ

Для налаживания каналов воспроизведения и проверки самодельных магнитофонов можно использовать покупные магнитофильмы. Для общей оценки работы желательны магнитофильмы с записью разнообразных музыкальных произведений: игры на скрипке, рояле, контрабасе и других инструментах. Для оценки магнитофона на «плавание» звука желателен магнитофильм, содержащий записи медленной игры на рояле. Оценивать частотные искажения магнитофона в области верхних звуковых частот рабочего диапазона, а также осуществлять правильную установку магнитных головок удобно с помощью магнитофильмов, в программе которых преобладают высокие тона (скрипка, флейта, рояль). Такую же оценку в области

нижних частот можно сделать при воспроизведении магнитофильмов с записью произведений, в которых преобладают низкие тона (контрабас, фагот и пр.).

У однодорожечных и двухдорожечных магнитофонов верхние края сердечников головок и ферромагнитной ленты должны быть на одном уровне. У многодорожечных магнитофонов верхний край ленты должен быть на одном уровне с верхним краем сердечника первой дорожки. Достигается это с помощью направляющих колонок, которые помещаются по ходу ленты до и после головок.

Рабочие зазоры магнитных головок должны быть строго перпендикулярны краям ленты.

Проверку работы магнитофона осуществляют, прослушивая магнитофильмы.

Если любитель приобрел измерительную ленту, то с ее помощью можно уточнить положение воспроизводящей или универсальной головки. Лентопротяжный механизм заряжается измерительной лентой РТ-19, если скорость движения ленты в магнитофоне 19,05 *см/сек*, или РТ-9 при скорости 9,53 *см/сек*, и воспроизводится участок ленты помеченный индексом «Ч». Во время воспроизведения по индикатору выходного уровня отмечается величина выходного напряжения при определенном положении ручки регулятора усиления магнитофона. Изменяя затем положение воспроизводящей (универсальной) головки относительно магнитной ленты, добиваются получения максимального выходного напряжения и в этом положении головку закрепляют.

Установка стирающей головки не требует высокой точности; ее можно произвести, сравнивая на глаз направления зазора и края ленты.

В магнитофоне с тремя головками (ГВ, ГЗ и ГС) необходимо еще отрегулировать положение записывающей головки (ГЗ). Для этого магнитофон заряжается лентой без следов прежних записей, на вход усилителя УЗ от звукового генератора подается сигнал с частотой 6 000—7 000 *гц* и производится запись. При воспроизведении ее отмечается величина выходного напряжения при определенном положении ручки регулятора усиления.

Далее, производят повторные записи с различным наклоном записывающей головки и находят такое положение ее, при котором получается максимальное выходное напряжение при воспроизведении этих записей. В таком положении головку следует закрепить.

29-9. МИКРОФОНЫ

Микрофоны служат для преобразования звуковых колебаний в электрические. В зависимости от способа преобразования, микрофоны разделяются на электродинамические, конденсаторные, пьезоэлектрические и угольные.

Электродинамический катушечный микрофон (рис. 29-22) состоит из постоянного магнита *1*, имеющего форму кольца (полюсы его обозначены буквами С и Ю), намагничивающего жестко скрепленные с ним фланец *2* и керн *3* из мягкой стали, между которыми имеется узкий кольцевой промежуток — зазор *4*. В нем образуется сильное магнитное поле. Под воздействием звука диафрагма *5* и прикрепленная к ней катушка *6* (из изолированного провода) при-

ходят в колебание. При этом витки катушки пересекают магнитный поток и в них индуктируется э. д. с.

Электродинамические микрофоны имеют достаточно хорошую частотную характеристику, не требуют источника питания, для них не особенно опасны сотрясения.

В радиолюбительской практике для стационарной работы удобны электродинамические микрофоны МД-41, МД-47 и МД-42 (рис. 29-23), а для репортажа МД-44 (рис. 29-24).

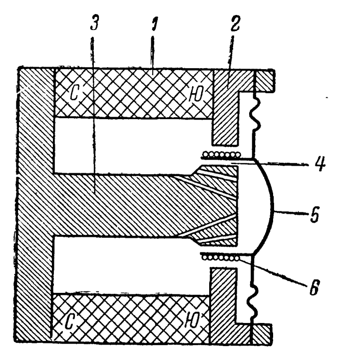
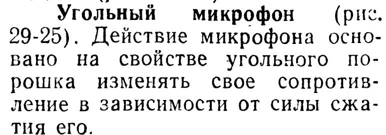


Рис. 29-22. Устройство электродинамического катушечного микрофона.



Угольный микрофон (рис. 29-25). Действие микрофона основано на свойстве угольного порошка изменять свое сопротивление в зависимости от силы сжатия его.

Звуковые колебания, воздействующие на диафрагму угольного микрофона, приводят ее в колебательное движение, сопровождающееся увеличением или уменьшением сжатия находящегося под диафрагмой угольного порошка. В результате сопротивление угольного микрофона изменяется при разговоре примерно от 25 до 75 *ом*.

Ток в электрической цепи из микрофона, батареи и первичной

а)

б)

в)

Рис. 29-23. Электродинамические микрофоны.

а — МД-41; *б* — МД-47; *в* — МД-42.

обмотки трансформатора $Тр_1$ (рис. 29-26) во время разговора перед микрофоном меняется в такт со звуковым давлением; на вторичной обмотке трансформатора *II* возникает напряжение переменного тока звуковой частоты. Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные: сердечник сечением 3—5 $см^2$ при площади окна не менее 5 $см^2$; обмотка *I* — 500 витков ПЭЛ 0,27, обмотка *II* — 12 000 витков ПЭЛ 0,1. Можно применить любой другой трансформатор с отношением чисел витков обмоток 1 : 10—1 : 30.

По сопротивлению

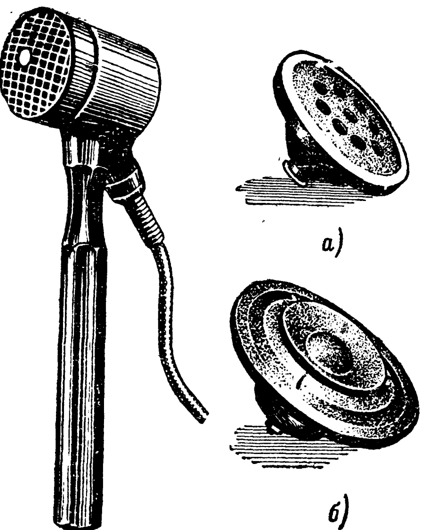


Рис. 29-24. Репортажный микрофон МД-44.

Рис. 29-25. Угольные микрофоны.

а — капсюль МК-59; *б* — капсюль МК-10.

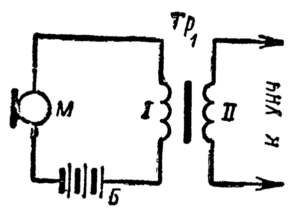


Рис. 29-26. Включение угольного микрофона на вход усилителя с помощью повышающего трансформатора.

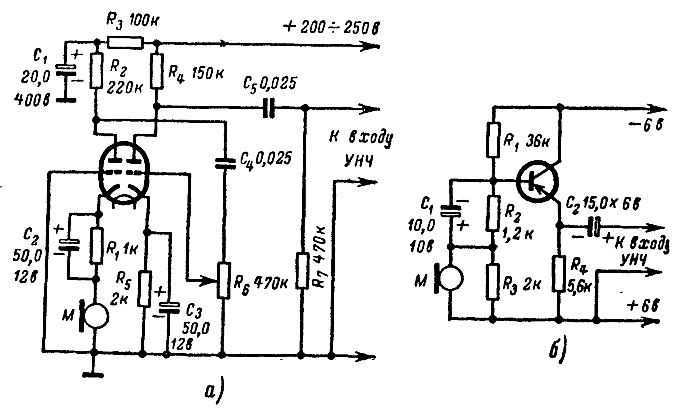


Рис. 29-27. Включение высокоомных угольных микрофонов на входы усилителей.

а — лампового; *б* — транзисторного.

угольные микрофоны разделяются на низкоомные (до 50 *ом*), работающие при токе питания до 80 *ма*, среднеомные (70—150 *ом*), работающие при токе не более 50 *ма*, и высокоомные (150—300 *ом*), работающие при токе не более 25 *ма*.

При отсутствии повышающего трансформатора угольный микрофон можно включить на вход усилителя НЧ одним из способов, показанных на рис. 29-27.

Громкоговоритель в роли микрофона. Вместо микрофона можно использовать любой маломощный электродинамический громкоговоритель. Наиболее удобен абонентский громкоговоритель. Обмотка его трансформатора, предназначенная для включения в радиотрансляционную сеть, подключается ко входу усилителя НЧ. Для улучшения работы такого микрофона в области верхних частот в разрыв одного из проводов, соединяющих его с усилителем, включают корректирующий контур, состоящий из параллельно соединенных резистора сопротивлением 510 *ком* и конденсатора емкостью около 6 800 *пф*. Величины их надо подобрать опытным путем.

29-10. ДИКТОФОНЫ

Диктофон — это магнитофон, приспособленный для записи речи и последующего воспроизведения ее для переписки на машинку. Он воспроизводит (диктует) записанную речь отдельными группами, по несколько слов в каждой, причем длительность пауз может регулироваться.

Диктофоны выполняются с ручным управлением (или педальным), полуавтоматическим (с автоматической остановкой в паузах и ручным пуском магнитной ленты) или полностью автоматическими. Лента в них движется со скоростью 2,38, реже 4,76 *см/сек*.

Можно значительно упростить лентопротяжный механизм, осуществив привод ленты без ведущего ролика, непосредственной перемоткой на приемную катушку.

К усилителю диктофона также предъявляют менее высокие требования: звукопередача ограничивается диапазоном частот 200—3 000 *гц*; допустимы коэффициент нелинейных искажений до 10%, коэффициент детонации до 10%.

Запись на диктофоне обычно сопровождается изменением расстояния от диктующего до микрофона, что вызывает изменение уровня сигнала, подаваемого на вход усилителя записи. Это особенно заметно при записи на различных заседаниях. Выступающие могут не только находиться на разных расстояниях от микрофона, но и говорить с различной громкостью. В результате уровень записи на ленте будет непрерывно изменяться.

Для поддержания уровня записи постоянным диктофоны обычно имеют АРУ (автоматическую регулировку усиления).

ЧАСТЬ СЕДЬМАЯ
ИЗМЕРЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

РАЗДЕЛ 30

СТРЕЛОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

30-1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПАРАМЕТРЫ

Электроизмерительные приборы классифицируют по различным признакам, важнейшими из которых являются род измеряемой величины, принцип действия и точность измерения.

Род измеряемой величины. По этому признаку электроизмерительные приборы подразделяют на амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры и др. Амперметры, вольтметры и ваттметры разделяют на приборы для измерения в цепях постоянного тока и переменного тока (некоторые типы приборов позволяют производить измерения в цепях с токами того и другого рода). Наименование прибора определяется также значением измеряемой величины. Например, приборы для измерения тока называют микроамперметрами, миллиамперметрами, амперметрами. В радиолюбительской практике распространены миллиампервольтомметры, называемые также сокращенно авометрами (название это образуется из слов: миллиамперметр, вольтметр, омметр). Это измерительные приборы, позволяющие измерять величины постоянного тока, постоянные и переменные напряжения и электрические сопротивления. Отсчет всех этих величин производится по шкале одного стрелочного прибора.

Принцип действия. По способу преобразования измеряемой электрической величины в механическую силу, приводящую в действие подвижную часть измерительного механизма, различают следующие основные системы: магнитоэлектрическая, электромагнитная, электродинамическая, электростатическая и др.

Магнитоэлектрические приборы пригодны для измерения постоянных токов и напряжений. При добавлении к ним преобразователей переменного тока в постоянный они используются и для измерений в цепях переменных токов. В зависимости от вида применяемых преобразователей такие приборы называют соответственно выпрямительными, электронными, термоэлектрическими.

Точность измерения. По точности измерения электроизмерительные приборы делят на восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Класс точности прибора численно равен значению **основной погрешности** (неточность показания) прибора, которая на всех отметках рабочей части шкалы выражается в процентах к ее конечному значению. Например, вольтметр класса 1,0 с конечным значением шкалы 250 *в* может давать в любом месте рабочей части

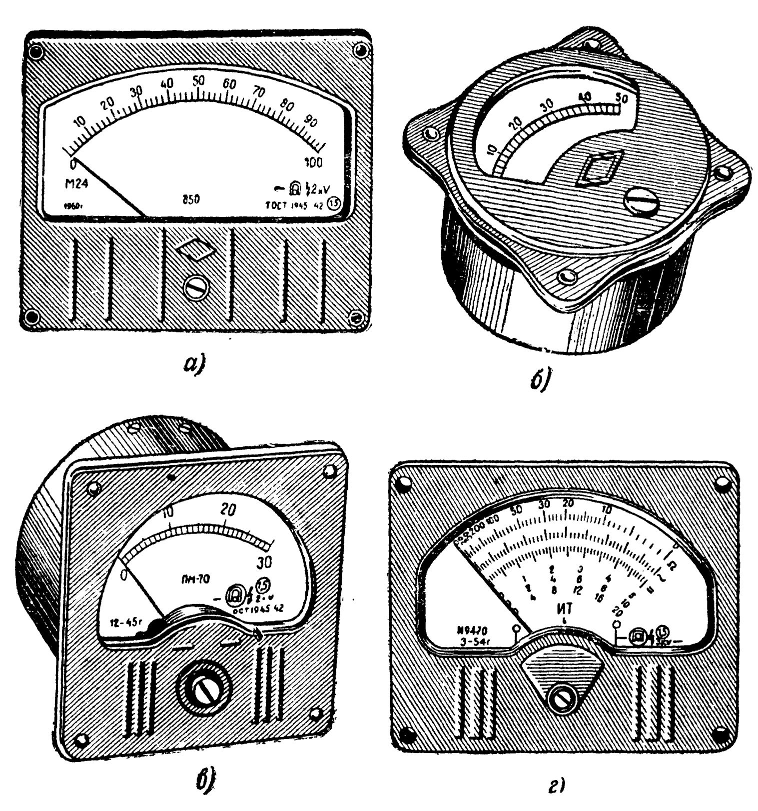


Рис. 30-1. Внешний вид стрелочных электроизмерительных приборов.

а — микроамперметр М-24; *б* — микроамперметр М-494; *в* — миллиамперметр ПМ-70; *г* — микроамперметр ИТ.

шкалы ошибку ±1% от 250 *в*, т. е. ±2,5 *в*; иначе говоря, показания прибора могут быть завышены или занижены на 2,5 *в*.

Такая погрешность показаний возможна как при измерении напряжения 250 *в*, так и меньшего, например 25 *в*. В первом случае ошибка будет ±1%, а во втором случае ±10%. Поэтому для повышения точности измерения надо выбирать прибор с таким конечным значением шкалы, чтобы при ожидаемой величине напряжения или тока стрелка отклонялась на возможно больший угол.

Основной погрешностью считается погрешность прибора при нормальных (комнатных) условиях. В иных условиях погрешность возрастает.

Для большинства технических и радиолюбительских измерений достаточно применять приборы классов 1,5—4,0, которые часто называют техническими.

Более точные приборы применяют в основном для проверки и градуировки технических приборов.

Конечное значение измеряемой величины. Это наибольшее значение величины, которое может быть измерено данным прибором,— наибольшее число у конечной отметки его шкалы. Другими словами, это такое значение измеряемой величины, при которой стрелка прибора отклоняется до конечной отметки шкалы. Миллиампервольтомметры — это приборы, род и конечное значение измеряемой величины которых можно изменять, например переключением добавочных сопротивлений.

Деление шкалы. Так называют интервал (промежуток) между двумя соседними отметками на шкале (рис. 30-1). Шкала называется равномерной, если эти интервалы одинаковы в пределах всей шкалы, и неравномерной, если они неодинаковы. Так, если шкала равномерна, конечное значение ее 100 *ма* и на шкале имеется 50 делений, то деление равно 100 : 50=2 *ма*. Чем меньше интервалы между отметками, т. е. чем больше отметок имеет шкала при данном конечном значении ее, тем более точно можно произвести отсчет измеряемой величины.

Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов. Тип прибора, единица измеряемой величины, класс точности прибора, система его, род тока, рабочее положение прибора, испытательное напряжение прочности изоляции токонесущих частей относительно корпуса, номинальная частота или диапазон частот (для приборов переменного тока), год выпуска и заводской номер обозначаются обычно на шкале прибора (табл. 30-1).

У зажимов прибора, предназначенного для измерения только в цепях постоянного тока, имеются знаки плюс и минус (или только плюс). При включении такого прибора соблюдение указанной полярности обязательно, иначе стрелка его, стремясь отклониться в противоположную сторону, может погнуться.

30-2. СИСТЕМЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПРИБОРОВ

Основной частью большинства электроизмерительных приборов является стрелочный механизм, преобразующий измеряемую электрическую величину (ток, напряжение) в механическую силу (вращающий момент), под действием которой приводится в движение подвижная часть механизма (рамка, сердечник и т. д.).

С подвижной частью механизма связана стрелка, по отклонению которой относительно отсчетного устройства — шкалы судят о численном значении измеряемой величины. Для того чтобы стрелка не отклонилась до конечной отметки шкалы при любом значении измеряемой величины, вращающему моменту должен противостоять противодействующий момент. Этот момент создается спиральной пружиной (или двумя), которая в некоторых приборах используется также для подведения тока к подвижной рамке. Для того чтобы

Таблица 30-1

Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

Система прибора	Условное обозначение	Техническая характеристика	Условное обозначение
Магнито-электрическая с подвижной рамкой		Класс точности прибора (например, 2,0)	2,0
Электро-магнитная		Изоляция измерительной цепи прибора испытана напряжением (например, 2 *кв*)	2
Электро-динамическая		Прибор для включения в цепь постоянного тока	—
Тепловая		Прибор для включения в цепь переменного тока	~
Магнито-электрическая с тер-преобразователем		Прибор для включения в цепь постоянного и переменного тока	≂
Электро-статическая		Рабочее положение шкалы вертикальное	⊥
Магнито-электрическая с полупроводниковым (диодным) преобразователем		Рабочее положение шкалы горизонтальное	⊓

стрелка измерительного прибора при измерениях устанавливалась в какое-либо положение относительно шкалы без качаний, измерительные приборы снабжают успокоителями.

Для установки стрелки измерительного механизма на нулевое деление шкалы имеется корректор (*7* на рис. 30-2).

Измерительные стрелочные механизмы характеризуются током полного отклонения I_0, при котором стрелка становится на конечную отметку шкалы, и внутренним сопротивлением R_0.

Приборы магнитоэлектрической системы с подвижной рамкой (рис. 30-2, *а* и табл. 30-2) наиболее распространены при измерениях в радиотехнических устройствах.

В зазоре между полюсными наконечниками *2* (рис. 30-2, *а*) постоянного магнита *1* и сердечником *3* из мягкой стали находится подвижная катушка *4*, выполненная в виде рамки из изолированного медного или алюминиевого провода диаметром от 0,03 до 0,15 *мм*. Рамка укреплена на оси *8*, совпадающей с осью сердечника, и может свободно вращаться вокруг нее. В результате взаимодействия магнитных полей постоянного магнита и рамки при протекании по ней тока рамка стремится повернуться вокруг своей оси. Повороту рамки препятствуют пружины *5*. Действие магнитного поля рамки преодолевает усилие пружины, в результате чего она вместе со стрелкой *6* поворачивается на угол, величина которого прямо пропорциональна величине измеряемого тока.

В приборах магнитоэлектрической системы применяется успокоитель, использующий вихревые токи. Подвижная рамка в этих приборах намотана на алюминиевой рамке, в которой при вращении в магнитном поле возникают тормозящие вихревые токи.

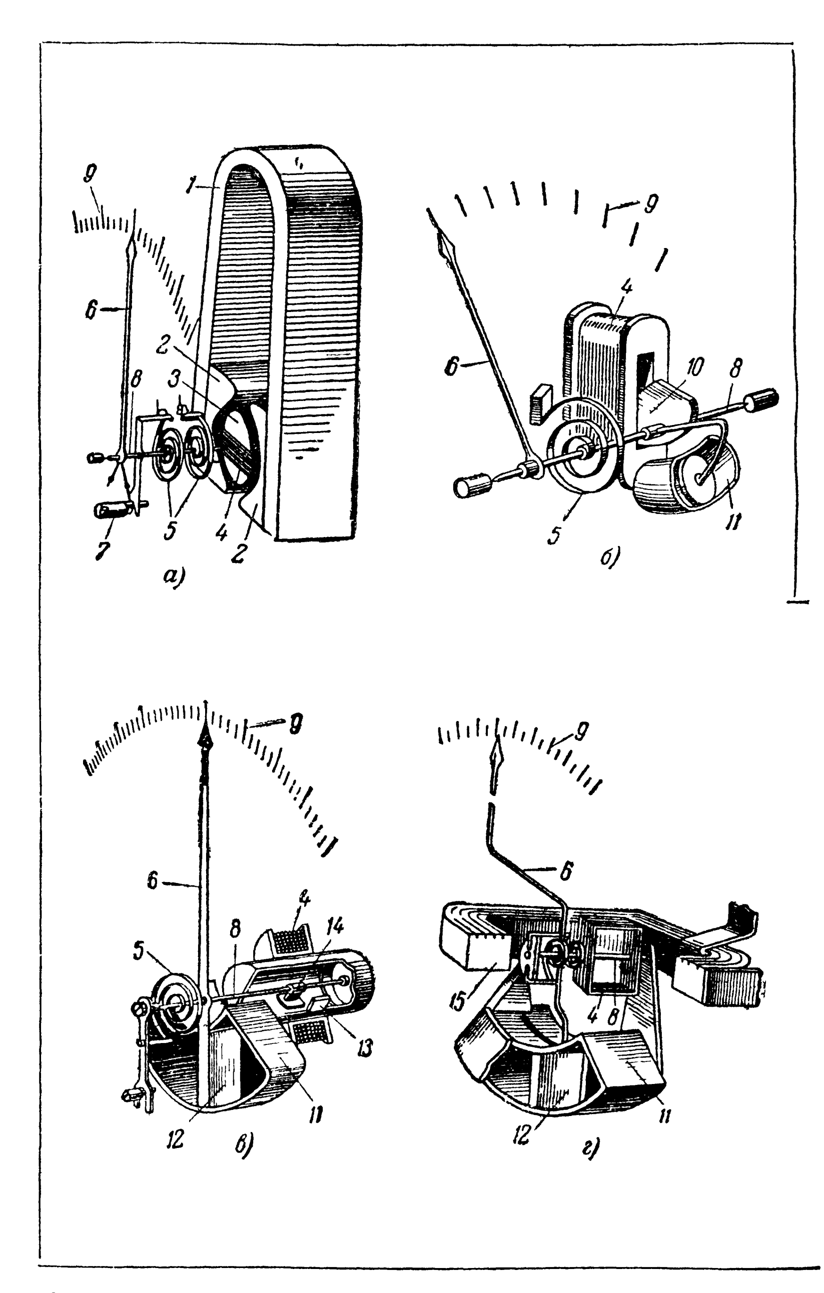
Шкала *9* у магнитоэлектрического прибора равномерная. Эти приборы пригодны для непосредственного измерения в цепях постоянного тока, а при добавлении преобразователей также и в цепях переменного тока.

Если к магнитоэлектрическому прибору добавить усилитель постоянного тока (например, на транзисторе), то конечное значение шкалы прибора можно сделать меньше тока полного отклонения.

Приборы электромагнитной системы изготовляют с плоской или круглой катушкой.

В приборе с плоской катушкой (рис. 30-2, *б*) сердечник *10* в виде диска из мягкой стали или пермаллоя, расположенный на оси *8*, втягивается в неподвижную катушку *4* на угол, пропорциональный квадрату тока, протекающего по катушке. Основу второй разновидности электромагнитных механизмов (рис. 30-2, *в*) составляет неподвижная катушка *4* круглого поперечного сечения. Внутри нее находятся два сердечника из листового железа. Сердечник *13* неподвижен, а второй (*14*) укреплен на оси *8* и может вращаться вместе с нею и стрелкой *6*. При прохождении тока по катушке оба сердечника намагничиваются и отталкиваются друг от друга. Шкала прибора неравномерная: она имеет сжатый начальный участок (10—25%). Ток полного отклонения приборов 5—25 *ма*, сопротивление обмотки 50—200 *ом*.

Электромагнитные механизмы пригодны для измерений как на переменном, так и на постоянном токе. Они используются преимущественно в качестве амперметров и вольтметров в цепях переменных токов с частотами не свыше 500 *гц*.



9
1
6
2
8
3
5
4
2
7
а)
9
4
6
10
8
5
11
б)
9
6
5
8
4
14
13
11
12
в)
9
6
15
4
8
11
12
г)

Приборы электродинамической системы (рис. 30-2, *г*). Внутри неподвижной катушки *15* (показана в разрезе) находится рамка *4*, подобная рамке магнитоэлектрического прибора. При протекании тока по обмоткам катушки и рамки между ними возникают магнитные силы взаимодействия и рамка вместе со стрелкой *6* стремится повернуться вокруг оси *8* так, чтобы ее магнитный поток совпадал по направлению с магнитным потоком катушки.

Наибольшее распространение приборы электродинамической системы получили как ваттметры переменного тока. Кроме того, изготовляют фазометры, частотомеры и другие приборы этой системы.

Приборы электростатической системы. Действие их основано на взаимодействии двух или нескольких электрически заряженных тел. Наибольшее распространение получили два типа электростатических приборов. Прибор первого типа (рис. 30-2, *д*) состоит из двух неподвижных металлических пластин *16* и подвешенной между ними на тонких бронзовых ленточках *18* подвижной пластины *17*, электрически соединенной с одной из них (левой). Измеряемое напряжение приложено к неподвижным пластинам, т. е. они получают разноименные заряды. Подвижная и левая неподвижная пластины получают одноименные заряды, поэтому подвижная пластина отталкивается от левой неподвижной и притягивается к правой неподвижной пластине. Перемещение подвижной пластины

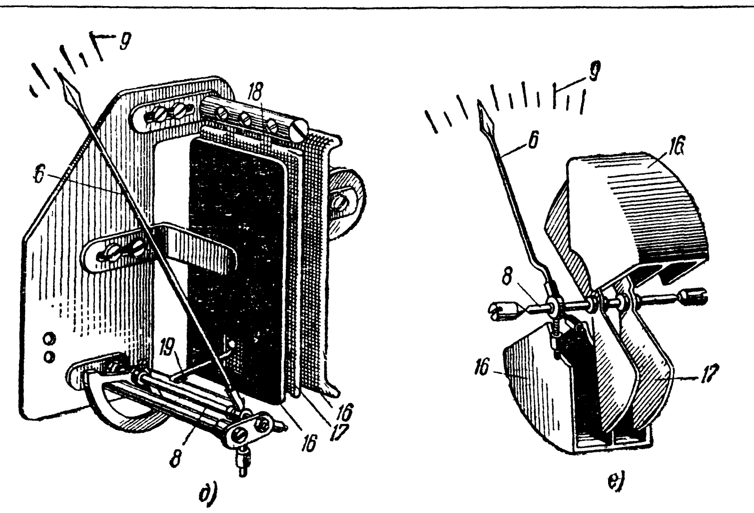


Рис. 30-2. Устройство механизмов измерительных приборов различных систем.

а — магнитоэлектрического с подвижной рамкой; *б* — электромагнитного с плоской катушкой; *в* — то же с круглой катушкой; *г* — электродинамического; *д* — электростатического с отклоняющимся подвижным электродом; *е* — то же с поворотным подвижным электродом.

Таблица 30-2

Данные магнитоэлектрических микроамперметров и миллиамперметров

Тип прибора	Размер по фасаду, *мм*	Ток полного отклонения	Сопротивление рамки, *ом*	Класс точности
М-4-2 М-4-4	83×83	1 *ма* 5 *ма* 10 *ма*	75 15 7,5	2,5
М-5-2	63×63	1 *ма* 5 *ма* 10 *ма*	75 15 7,5	2,5
М-20	63×63	1 *ма*	350	2,5
М-24	126×106	100 *мка* 150 *мка* 200 *мка* 300 *мка*	3 000 850 900 900	1; 1,5; 2,5
М-49	83×83	200 *мка* 300 *мка* 500 *мка*	700 350 350	2,5
М-61 М-340	43×43	5 *ма* 10 *ма* 5 *ма* 9 *ма*	15 7,5 800 500	4
М-494	83×83	100 *мка* 500 *мка*	700 2 000	2,5
ПМ-70	76×76	3 *ма* 5 *ма* 10 *ма*	25 15 7,5	1,5
ИТ	100×82	150 *мка*	1 500	1,5

через тягу *19* передается стрелке *6* прибора, вызывая отклонение ее на угол, пропорциональный квадрату измеряемого напряжения.

Электростатический измерительный механизм другого вида (рис. 30-2, *е*) состоит из неподвижных алюминиевых камер *16* и подвижных алюминиевых пластин *17*, укрепленных на общей оси *8* со стрелкой *6*. Измеряемое напряжение подается между неподвижными камерами и подвижными пластинами. Под действием электростатических сил между камерами и пластинами последние втягиваются внутрь камер. Вольтметры этой системы ведут себя как небольшая емкость, шунтирующая измеряемую цепь; применение их возможно до частот 1 *Мгц*.

Точность электростатических механизмов невысока, изготовление, особенно приборов второго типа, очень сложно. Этими обстоятельствами объясняется ограниченное применение приборов этой системы.

Приборы термоэлектрической системы состоят из измерительного механизма магнитоэлектрической системы и термопреобразователя. Последний преобразует переменный ток в постоянный. Состоит он из подогревателя *4* (рис. 30-3) и термопары — двух проводников *1* и *2* из разнородных материалов, спаянных между собой в одной точке — точке спая *3*. Наиболее распространены следующие термопары: железо-константан и манганин-константан. Нагреватели обычно изготовляют из нихрома или вольфрама. При прохождении по подогревателю переменного тока выделяется тепло, нагревающее точку спая термопары, и в термопаре возникает термо- э. д. с., регистрируемая магнитоэлектрическим прибором, шкала которого отградуирована в единицах переменного тока.

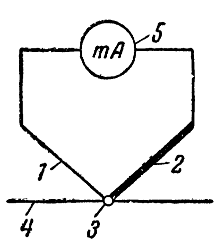


Рис. 30-3. Схематическое устройство контактного термопреобразователя.

Различают термопреобразователи контактные и бесконтактные. В контактных преобразователях (рис. 30-3) точка спая приварена к нагревателю, а в бесконтактных она отделена от нагревателя изоляционным материалом, например стеклом.

В целях повышения уменьшения влияния окружающей температуры термопару для измерения малых токов помещают в стеклянный баллон, из которого выкачан воздух. Такой термопреобразователь называют вакуумным. Применяют термопреобразователи главным образом для измерения переменного тока звуковой и высокой частот в пределах от 50 *ма* до 10 *а*. Приборы термоэлектрической системы выпускают в виде щитовых и переносных амперметров классов 1,5 и 2,5.

Приборы выпрямительной системы состоят из магнитоэлектрических механизмов с полупроводниковыми диодами. Применяют такие приборы, главным образом для измерения переменных напряжений (реже — токов), с частотами 20—20 000 *гц*.

Диод (или группа диодов) выпрямляет переменный ток, а пульсирующий выпрямленный ток проходит через рамку измерительного механизма магнитоэлектрической системы.

Шкалы приборов выпрямительной системы неравномерны в начале (в пределах $1/4$—$1/3$) и равномерны в остальной части.

Приборы электронной системы (ламповые вольтметры) применяют для измерения переменных напряжений с частотами от 20—30 *гц* до сотен мегагерц, а также для измерения постоянных напряжений.

Некоторые ламповые вольтметры дают возможность измерять напряжения порядка микровольт. В то же время с дополнительными устройствами они могут быть использованы для измерения напряжений до 15—20 *кв*. Входное сопротивление (см. § 30-3) ламповых вольтметров составляет обычно 10—50 *Мом* на низких частотах, 0,5—1 *Мом* на средних радиочастотах и порядка нескольких тысяч ом на частотах 60—100 *Мгц*.

В выпускаемых промышленностью вольтметрах переменного напряжения применяют две основные схемы. В одной из них измеряемое напряжение подается на диодный выпрямитель, а выпрямленное напряжение поступает на усилитель постоянного тока и затем измеряется магнитоэлектрическим прибором. Такой вольтметр измеряет максимальное (пиковое) значение подводимого напряжения. Наименьшее конечное значение шкалы подобного вольтметра может быть порядка 0,5 *в*.

В схеме второго варианта измеряемое напряжение усиливается широкополосным усилителем и подается на выпрямитель; выпрямленное напряжение (ток) измеряется прибором магнитоэлектрической системы. С помощью этого вольтметра измеряется действующее значение напряжения. Он позволяет измерять напряжения от долей милливольта, однако наибольшая частота, которую можно измерить, ограничивается полосой пропускания усилителя; в лучшем случае она не выше 10 *Мгц*.

30-3. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Для измерения напряжения вольтметр (милливольтметр, киловольтметр) подключают параллельно участку цепи или к зажимам источника электроэнергии (батареи, аккумулятора, выпрямителя).

Одним из важнейших параметров вольтметра является внутреннее сопротивление, чаще называемое входным сопротивлением. Величина его выражается как отношение напряжения на зажимах вольтметра к току через него. Наиболее удобно оценивать входное сопротивление как отношение величины напряжения, соответствующего конечной отметке на шкале вольтметра, к проходящему при этом через него току.

Чтобы вольтметр возможно меньше изменял режим электрической цепи, в которой измеряют напряжение, т. е. для того чтобы измерение было возможно более точным, входное сопротивление вольтметра должно быть раз в 10 больше сопротивления участка этой цепи.

Часто вольтметры характеризуют не абсолютной величиной входного сопротивления, а относят его к 1 *в* напряжения, так как это отношение не зависит от диапазона измеряемых им напряжений или конечного значения шкалы вольтметра.

Измерение постоянных напряжений. Вольтметр для измерения постоянных напряжений состоит из стрелочного механизма магнитоэлектрической системы (миллиамперметра или микроамперметра), последовательно с которым включен постоянный резистор $R_д$

Таблица 30-3

Зависимость входного сопротивления вольтметра постоянного тока от тока полного отклонения примененного в нем стрелочного прибора и конечного значения измеряемого напряжения

Ток полного отклонения	Входное сопротивление вольтметра, *ком*, при конечной отметке шкалы											
	1 *в*	1,5 *в*	3 *в*	5 *в*	10 *в*	15 *в*	30 *в*	50 *в*	100 *в*	150 *в*	300 *в*	500 *в*
50 *мка*	20	30	60	100	200	300	600	1 000	2 000	3 000	6 000	10 000
100 *мка*	10	15	30	50	100	150	300	500	1 000	1 500	3 000	5 000
200 *мка*	5	7,5	15	25	50	75	150	250	500	750	1 500	2 500
300 *мка*	3,33	5,0	10	16,6	33,3	50	100	165	333	500	1 000	1 666
500 *мка*	2	3	6	10	20	30	60	100	200	300	600	1 000
1 *ма*	1	1,5	3	5	10	15	30	50	100	150	300	500
1,5 *ма*		1	2	3,33	6,66	10	20	33,3	66,6	100	200	333
3 *ма*			1	1,66	3,33	5,0	10,0	16,6	33,3	50,0	100	166,6
5 *ма*				1	2,0	3,0	6,0	10,0	20,0	30,0	60,0	100,0
7,5 *ма*					1,33	2,0	4,0	6,66	13,3	20,0	40,0	66,6

(рис. 30-4), который называют в данном случае **добавочным сопротивлением**. Шкала прибора градуируется в вольтах (милливольтах, киловольтах).

Добавочное сопротивление должно быть таким, чтобы при выбранном конечном значении измеряемого напряжения стрелка прибора отклонялась до конечной отметки шкалы.

Сопротивление $R_д$ в килоомах вычисляют по формуле

$$R_д = \frac{U_к}{I_0} - R_0, \qquad (30\text{-}1)$$

где $U_к$ — конечное значение измеряемого напряжения, *в*;
I_0 — ток полного отклонения стрелочного прибора, *ма*;
R_0 — внутреннее сопротивление его (сопротивление рамки), *ком*.

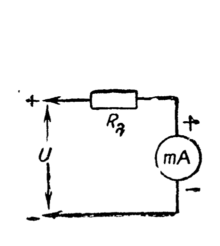


Рис. 30-4. Включение добавочного сопротивления последовательно с миллиамперметром (или микроамперметром) превращает его в вольтметр.

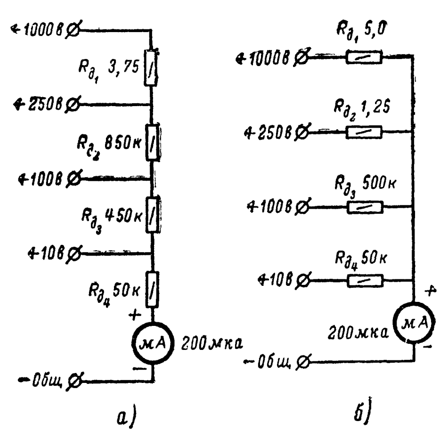


Рис. 30-5. Схемы многодиапазонных вольтметров постоянного тока.

Как правило, $R_д \gg R_0$; при этом R_0 из формулы можно исключить.

Входные сопротивления вольтметров постоянного тока при использовании в них стрелочных приборов с различными токами полного отклонения приведены в табл. 30-3. Для таких вольтметров число ом на вольт является обратной величиной току полного отклонения. Это число можно взять непосредственно из второй графы таблицы. Из этой таблицы наглядно видно, как увеличивается входное сопротивление с уменьшением тока полного отклонения. Вольтметры постоянного тока заводского изготовления, применяемые при испытаниях приемно-усилительной радио- и телевизионной аппаратуры, имеют входные сопротивления обычно в пределах 1—20 *ком/в*. В них применяют стрелочные магнитоэлектрические приборы с током полного отклонения соответственно 1 *ма* — 50 *мка*. Такими же данными должны обладать и самодельные любительские вольтметры и авометры.

Вольтметр с конечным значением измеряемого напряжения 500 *в* при использовании в нем миллиамперметра с током полного

отклонения 1 *ма* согласно табл. 30-3 будет иметь входное сопротивление 500 *ком*. Такой величины должно быть и добавочное сопротивление в этом вольтметре.

Пример. Рассчитать добавочное сопротивление для вольтметра по схеме на рис. 30-4 с конечным значением измеряемого напряжения 250 *в*. Используется миллиамперметр с током полного отклонения 0,1 *ма*.

$$R_{д} = \frac{250}{0,1} = 2\,500\ ком = 2,5\ Мом.$$

Применяя несколько добавочных сопротивлений, можно миллиамперметр превратить в многодиапазонный вольтметр. В схеме на рис. 30-5, *б* для каждого диапазона измеряемого напряжения используется отдельное добавочное сопротивление ($R_{д1}$—$R_{д5}$). В схеме на рис. 30-5, *а* добавочные сопротивления, применяемые при измерении меньших напряжений, используются как составные части добавочных сопротивлений при измерении бо́льших напряжений.

Измерение переменных напряжений. Для измерения переменных напряжений НЧ прибором магнитоэлектрической системы, кроме добавочных сопротивлений, в него надо ввести выпрямитель, преобразующий переменный ток в постоянный (точнее, пульсирующий). В выпрямителе используют полупроводниковые диоды, например серии Д2 или Д9 (рис. 30-6).

Рис. 30-6. Схема вольтметра переменного тока на один диапазон измеряемых напряжений.

Входное сопротивление такого вольтметра меньше, чем у вольтметра постоянного напряжения с таким конечным значением шкалы.

Расчет добавочных сопротивлений $R_{д}$ производят по формуле (30-1), уменьшая затем полученный результат в 2,5—3 раза.

Окончательно величины $R_{д}$ подбирают опытным путем при градуировке вольтметра.

Изготовление добавочных сопротивлений. В самодельных приборах в качестве добавочных сопротивлений используют обычно резисторы ВС или МЛТ с номинальной мощностью рассеяния 1—2 *вт* и отклонением от номинала не более ±5% (желательно применение резисторов УЛИ, МГП и БЛП). Падение напряжения на каждом резисторе должно быть не более 160—200 *в*. Поэтому для пределов измерения выше 150—200 *в* добавочное сопротивление составляется из нескольких соединенных последовательно резисторов ВС или МЛТ (УЛИ, МГП, БЛП).

30-4. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКОВ

Для измерения тока миллиамперметр (микроамперметр, амперметр) включается в цепь последовательно. Сопротивление его должно быть во много раз меньше сопротивления цепи, в которой прово-

дится измерение, иначе ток в цепи при включении прибора уменьшится.

Постоянные токи измеряют, как правило, приборами магнитоэлектрической системы. Для измерения переменных токов в зависимости от диапазона частот используются приборы электромагнитной, выпрямительной или термоэлектрической системы.

Шунты. Для измерения токов, бо̀льших, чем ток полного отклонения миллиамперметра (микроамперметра), параллельно ему включают сопротивление $R_ш$, называемое шунтом (рис. 30-7). При этом через прибор течет не весь измеряемый ток I, а только часть

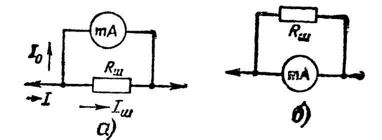


Рис. 30-7. Схемы включения шунта к миллиамперметру (или к микроамперметру).

а — правильная; *б* — неправильная.

его I_0. Она тем меньше, чем меньше сопротивление шунта по сравнению с сопротивлением амперметра. Зная, какая часть общего тока проходит через прибор (при данном сопротивлении шунта), и измеряя эту часть тока миллиамперметром, можно определить и весь ток в цепи.

Часто приборы имеют по нескольку шунтов. Переключая их, с помощью одного и того же прибора можно измерять как малые, так и большие токи.

Сопротивление шунта (*ом*) вычисляют по формуле

$$R_ш = \frac{R_0 I_0}{I_к - I_0}, \qquad (30\text{-}2)$$

где R_0 — внутреннее сопротивление миллиамперметра, *ом*;
I_0 — ток полного отклонения миллиамперметра, *ма*;
$I_к$ — требуемое конечное значение измеряемого тока, *ма*.

Пример. Имеется миллиамперметр с током полного отклонения $I_0=20$ *ма* и внутренним сопротивлением $R_0=10$ *ом*. Нужен прибор с конечным значением измеряемого тока $I_к=100$ *ма*. Сопротивление шунта должно быть согласно формуле (30-2)

$$R_ш = \frac{10 \cdot 20}{100 - 20} = 2{,}5 \text{ ом}.$$

Так как сопротивление шунта значительно меньше сопротивления миллиамперметра, то шунт надо подключать так, чтобы сопротивление проводов, соединяющих прибор с шунтом, не добавлялось к сопротивлению последнего. Не шунт должен подключаться к прибору (рис. 30-7, *б*), а прибор к шунту (рис. 30-7, *а*). Это правило необходимо соблюдать еще потому, что при неправильном включении шунта, если он случайно отсоединится от миллиамперметра, через последний пойдет весь ток и выведет прибор из строя. Во избежание порчи многодиапазонного прибора при измерении в цепи с неизвестной величиной тока прибор должен быть сначала включен на самый большой предел измерения.

Универсальный шунт используют в комбинированных измерительных приборах. При подключении к миллиамперметрам с различными токами полного отклонения такой шунт изменяет диапазоны измерений их в одинаковое число раз (при условии, что внутреннее сопротивление миллиамперметра меньше сопротивления универсального шунта). Универсальный шунт по схеме на рис. 30-8 позволяет увеличить пределы измерения любого миллиамперметра в 10, 100 и 1 000 раз. Например, применяя такой шунт к миллиамперметру с током полного отклонения 5 *ма*, получим возможность измерять токи до 5, 50, 500 и 5 000 *ма* (5 *а*).

Для определения тока, измеряемого прибором с шунтом, показания миллиамперметра необходимо умножить на цифру, соответствующую данному положению переключателя *П*. Например, если при установке переключателя *П* в положение «×100» миллиамперметр показывает ток 0,5 *ма*, то в цепи течет ток 0,5×100=50 *ма*.

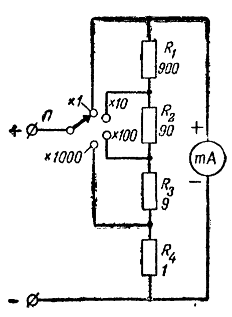


Рис. 30-8. Схема «универсального» шунта.

Конструкция шунтов. Шунты изготовляют из проводов с высоким сопротивлением — манганина, никелина или константана (табл. 30-4). Если провод имеет изоляцию, то шунт наматывается внавал на каркас из какого-либо изоляционного материала. Неизолированный провод наматывают на пластинку; трубку или стержень из изоляционного материала с интервалами между соседними витками. Шунт небольшого размера можно намотать на резисторе ВС; к его выводам подпаивают концы шунта (сопротивление резистора ВС должно быть по крайней мере в 50—100 раз больше сопротивления шунта). Шунты из толстого провода изготовляют в виде спиралей без каркасов. Сечение провода для шунта выбирается так, чтобы плотность тока в нем не превышала 1—1,5 *а/мм*². При большей плотности тока шунт будет сильно нагреваться, сопротивление его будет заметно возрастать и точность измерения тока ухудшится.

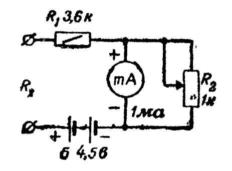


Рис. 30-9. Схема омметра.

30-5. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОММЕТРАМИ

Измеряемое сопротивление включается через зажимы R_x в цепь источника тока *Б* последовательно с миллиамперметром магнитоэлектрической системы и резистором R_1 (рис. 30-9). Если замкнуть накоротко зажимы R_x, то в цепи потечет ток и стрелка прибора отклонится. Изменяя сопротивление R_2, устанавливаем стрелку прибора на крайнюю правую отметку шкалы, которая соответствует измеряемому сопротивлению, равному нулю. Таким образом, нулевая отметка шкалы омметра расположена не слева, а справа. При разомкнутых зажимах R_x стрелка прибора находится на крайней левой отметке шкалы, так как тока через прибор нет. Это

Таблица 30-4

Длины проводов, необходимых для изготовления секций универсального шунта по схеме на рис. 30-8

Ток полного отклонения миллиамперметра	Сопротивления секций	1 *ом* (R_4)			9 *ом* (R_3)			90 *ом* (R_2)			900 *ом* (R_1)		
	Диаметр провода, *мм*	1,0	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4	0,1	0,15	0,3	0,05	0,08	0,1
Ток полного отклонения миллиамперметра 1 *ма*	Никелин	1,96	2,83	4,42	1,59	2,17	2,83	1,76	3,98	7,06	4,41	11,4	17,6
	Манганин	1,83	2,63	4,12	1,48	2,02	2,63	1,64	3,7	6,58	4,09	10,5	16,4
	Константан	1,6	2,31	3,61	1,29	1,77	2,31	1,44	3,25	5,76	3,6	9,25	14,4
	Медь	—	—	—	—	—	—	40,3	90,5	161	101	258	40
	Сопротивления секций	1 *ом* (R_4)			9 *ом* (R_3)			90 *ом* (R_2)			900 *ом* (R_1)		
	Диаметр провода, *мм*	1,8	2,0	2,5	0,7	0,8	0,9	0,2	0,25	0,3	0,08	0,1	0,15
Ток полного отклонения миллиамперметра 1,5—5 *ма*	Никель	6,37	7,85	12,3	0,65	11,3	14,3	7,06	11,1	15,9	11,35	17,6	39,8
	Манганин	5,93	7,30	11,4	0,04	10,5	13,4	6,58	10,3	14,8	10,5	16,4	37,0
	Константан	5,20	6,41	10,0	7,20	9,32	11,7	5,76	9,0	12,9	9,25	14,4	32,5
	Медь	—	—	—	—	—	—	161	252	—	258	403	—

соответствует бесконечно большому сопротивлению (отмечается на шкале омметра знаком ∞). Различным сопротивлениям, подключаемым к зажимам R_x, соответствуют различные промежуточные положения стрелки на шкале прибора. Поэтому можно нанести отметки на шкалу непосредственно в омах.

Наиболее точно можно измерять лишь сопротивления, величины которых находятся в пределах примерно $(0{,}1 \div 10)\ R_1$. Например, с помощью омметра с данными, указанными в схеме на рис. 30-9, наиболее точно можно измерять сопротивления от 300 *ом* до 40 *ком*. Для измерения бо́льших сопротивлений необходимо применять ба-

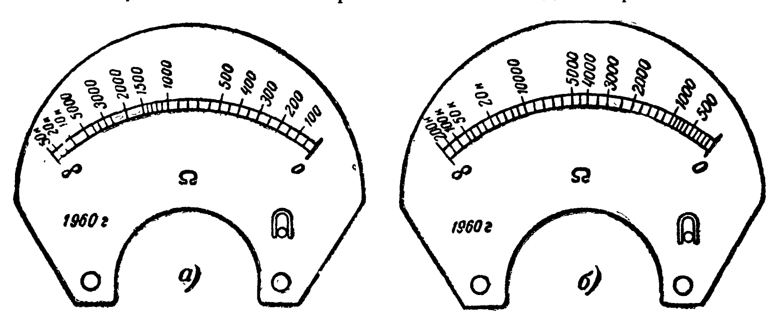


Рис. 30-10. Шкалы для омметров по схеме на рис. 30-9 для приборов с током полного отклонения 5 *ма* (*а*) и 1 *ма* (*б*).

тареи с более высоким напряжением, например 68-АМЦ-Х-0,6, 10-АМЦ-Ц-1,0 или микроамперметры. Сопротивление резистора в схеме на рис. 30-9 в омах определяют по формуле

$$R_1 = (700 \div 800)\ \frac{U_б}{I_0}, \qquad (30\text{-}3)$$

где $U_б$ — напряжение батареи, *в*;

I_0 — ток полного отклонения миллиамперметра, *ма*.

Сопротивление переменного резистора R_2 должно быть в 5—10 раз больше сопротивления миллиамперметра.

Пользование омметрами. Перед измерениями с помощью корректора прибора устанавливают стрелку его на крайнюю левую отметку шкалы (рис. 30-10). Затем замыкают накоротко зажимы R_x и вращением ручки «Установка нуля омметра» (резистор R_2) устанавливают стрелку на нулевую отметку шкалы омметра (на рис. 30-10 — правая крайняя отметка шкалы). Установка нуля омметра необходима потому, что напряжение батареи с течением времени уменьшается. Если при замкнутых накоротко зажимах R_x стрелка прибора не устанавливается на нулевую отметку шкалы ни при каком положении ручки резистора, значит батарея разрядилась и ее необходимо заменить.

Точность измерения сопротивлений омметрами не превышает 2—4% в средней части шкалы; в самом начале ее можно судить

лишь о порядке измеряемой величины. Достоинство омметров в быстроте измерения и простоте обращения. Более точно сопротивления можно измерять с помощью мостовых схем (см. § 31-1).

30-6. САМОДЕЛЬНЫЕ АМПЕРВОЛЬТОММЕТРЫ

Самодельный ампервольтомметр дает возможность измерять постоянное напряжение в диапазонах 0—10, 0—100 и 0—500 *в*, переменное напряжение в диапазонах 0—10 и 0—500 *в*, постоянный ток в диапазонах 0—1 и 0—50 *ма* и сопротивления от 100 *ом* до 200 *ком*. Переключение видов и пределов измерений производится с помощью восьмиштырьковой ламповой панели (рис. 30-11). Один полюс измеряемой цепи подключается к зажиму «–Общ.», а второй полюс включается с помощью ножки (штырек от цоколя электронной лампы или кусок проволоки диаметром 2,5 *мм*) в одно из гнезд ламповой панели. В авометре применен магнитоэлектрический прибор с током полного отклонения 1 *ма*. Батарея $Б_1$ состоит из трех включенных последовательно элементов ФБС-0,25 (можно применить батарейку от карманного

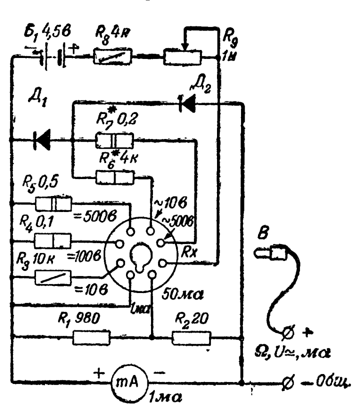


Рис. 30-11. Схема простого самодельного ампервольтомметра.

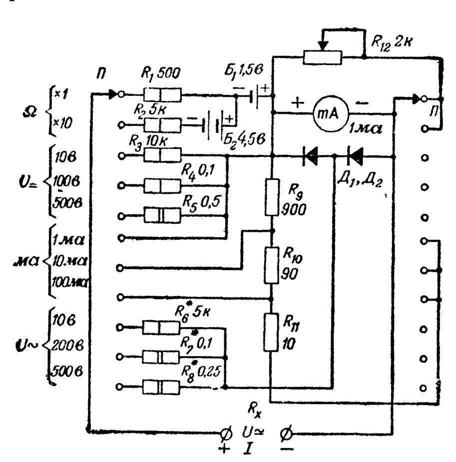


Рис. 30-12. Схема самодельного ампервольтомметра с галетным переключателем диапазонов измерения.

фонаря КБС). Добавочные сопротивления R_3—R_8 собирают из резисторов ВС или МЛТ (величины, помеченные на схеме звездочками, являются ориентировочными; их подбирают при градуировке шкал переменных напряжений). Диоды типов Д2Б, Д2Г, Д2Д, Д2Е, Д2Ж или любой из серии Д9Б—Д9И.

Авометр с галетным переключателем. В авометре применен прибор магнитоэлектрической системы с током полного отклонения 1 *ма.* Переключение видов и пределов измерений производится с помощью галетного переключателя из двух плат на 11 положений (рис. 30-12). Диоды такие же, как в предыдущей схеме.

Омметр дает возможность измерять сопротивления в диапазонах 20 *ом* — 10 *ком* и 200 *ом* — 100 *ком.* Диапазоны измеряемых постоянных и переменных напряжений, а также постоянных токов указаны на схеме. Добавочные сопротивления состоят из резисторов ВС или МЛТ (величины, помеченные на схеме звездочками, являются ориентировочными).

30-7. САМОДЕЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР ПОСТОЯННОГО ТОКА С УСИЛИТЕЛЕМ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Вольтметр (рис. 30-13) позволяет измерять постоянные напряжения в диапазонах 0—2,5; 0—10; 0—50; 0—100 и 0—500 *в.* Благодаря использованию усилителя постоянного тока на транзисторах входное сопротивление вольтметра 25 *ком/в.* Установка его нуля

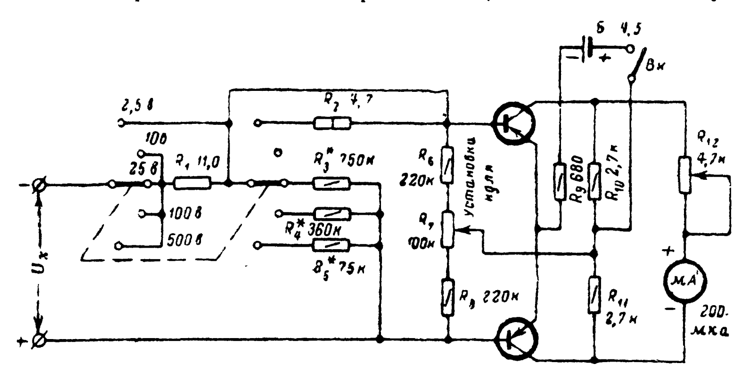


Рис. 30-13. Схема вольтметра постоянного тока с усилителем на транзисторах.

перед измерениями производится потенциометром R_7. В вольтметре могут быть использованы любые низкочастотные маломощные транзисторы структуры *р-п-р* с коэффициентом $\beta=20\div80$ (П13—П14, П39—П41). Значения β для транзисторов не должны отличаться друг от друга более чем на 20%. Питание прибора производится от трех элементов ФБС-0,25 или от батареи для карманного фонаря.

Налаживание вольтметра сводится в основном к подбору резисторов R_2—R_5. Каждое из них может быть составлено из нескольких

резисторов УЛМ стандартных номиналов. На входные зажимы вольтметра подается напряжение 2,5 *в*, и движок резистора R_{12} устанавливается в положение, при котором стрелка микроамперметра отклоняется до конечной отметки шкалы и производится градуировка вольтметра в диапазоне измерений 0—2,5 *в* в порядке, указанном в § 30-9. После этого переводят переключатель в положение «*10 в*», заменяют резистор R_2 переменным, подают на зажимы «U_x» напряжение 10 *в* и снова устанавливают стрелку прибора на конечную отметку шкалы, изменяя сопротивление этого резистора. Измерив его введенное сопротивление, заменяют этот резистор постоянным (или группой постоянных) с таким же сопротивлением.

В таком же порядке устанавливают на конечную отметку шкалы стрелку прибора при трех других положениях переключателя; при его положении «*25 в*» подбирают сопротивление резистора R_3, при положении «*100 в*» — резистора R_4 и при положении «*500 в*» — резистора R_5.

30-8. САМОДЕЛЬНЫЙ ЛАМПОВЫЙ ВОЛЬТМЕТР

Вольтметр позволяет измерять постоянные и переменные напряжения с частотой 20 *гц* — 10 *Мгц* в диапазонах 0—5, 0—20, 0—50, 0—200 и 0—500 *в*. Входное сопротивление вольтметра 20 *Мом* при измерении постоянных и 8 *Мом* при измерении переменных напряжений.

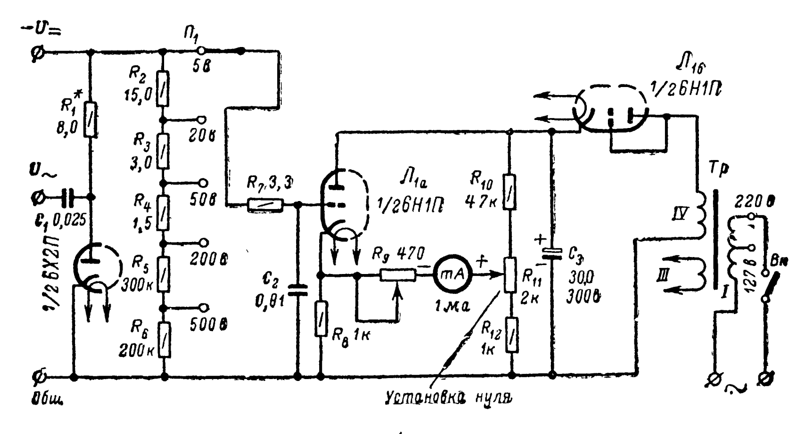


Рис. 30-14. Схема лампового вольтметра.

Измеряемое постоянное напряжение подается на зажимы «—*U*=» и «Общ.», а переменное — на зажимы «*U*~» и «*Общ.*» (рис. 31-14). Переключение диапазонов измерений осуществляется переключателем $П_1$. Установка стрелки прибора на нулевую отметку шкалы перед измерениями производится потенциометром R_{11}. Сопротивления резисторов R_2—R_6 должны быть подобраны с точностью ±2,5%; остальные резисторы и конденсаторы могут иметь допуск ±20%.

Сопротивление резистора R_9 надо подобрать так, чтобы при

подаче на вольтметр постоянного напряжения 5 *в* (переключатель $П_1$ в положении 5 *в*) стрелка миллиамперметра отклонялась до конечной отметки шкалы. Затем на вольтметр подают переменное напряжение 5 *в* и сопротивление резистора R_1 подбирают так, чтобы стрелка миллиамперметра также отклонялась до конечной отметки шкалы.

Трансформатор $Тр_1$: сердечник Ш19×25; обмотка *I* — 1 500 витков ПЭЛ 0,18+1 200 витков ПЭЛ 0,15; обмотка накала ламп *III* — 75 витков ПЭЛ 0,8 и обмотка *IV* — 2 500 витков ПЭЛ 0,15.

30-9. ГРАДУИРОВКА СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Для градуировки необходимо иметь образцовые измерительные приборы, класс точности которых не хуже класса точности градуируемых приборов. Пределы измерений обоих приборов должны быть примерно одинаковыми. Для градуировки многопредельных приборов нужно иметь многошкальный образцовый прибор или несколько приборов с различными конечными значениями измеряемых величин.

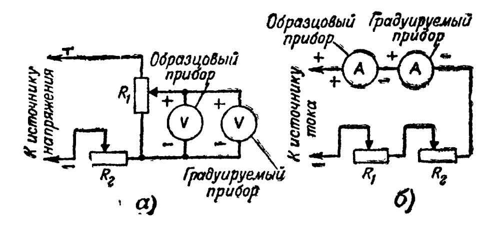


Рис. 30-15. Схемы градуировки электроизмерительных приборов.
а — вольтметров; *б* — амперметров.

Прибор должен градуироваться в том положении, в каком он будет работать. Если у него есть металлический кожух, градуировку производят обязательно при надетом кожухе, так как снятие его изменяет показания прибора. Для нанесения отметок на шкалу защитное стекло ее временно снимают.

Градуировка вольтметров. Для этой цели нужен источник тока с напряжением на 10—15% выше конечного значения напряжения градуируемого прибора. При градуировке вольтметра постоянного тока используют батареи сухих элементов или выпрямитель, а при градуировке вольтметра переменного тока пользуются как источником энергии электросетью, применяя при необходимости понижающий или повышающий трансформатор или автотрансформатор. Кроме того, нужно иметь переменные резисторы: R_1 (рис. 30-15, *а*) с сопротивлением примерно 2—3 раза меньшей величины, чем добавочное сопротивление градуируемого вольтметра, и R_2 с сопротивлением, в 10—20 раз меньшим. Эти резисторы должны без вреда для себя рассеивать электрические мощности следующих величин: $R_1=2 \div 5$ *вт*; $R_2=1$ *вт*.

Сначала на шкалу вольтметра при выключенном источнике тока наносят нулевую отметку. Затем по показаниям образцового прибора, изменяя сопротивления резисторов R_1 и R_2, устанавливают напряжение, соответствующее конечному значению шкалы градуируемого вольтметра, и против конца стрелки его наносят на шкалу отметку. При правильном добавочном сопротивлении эти отметки должны располагаться симметрично относительно середины шкалы прибора. Если отметка, соответствующая конечному значению шкалы, располагается ближе к ее середине, то добавочное сопротивление вольтметра на данном пределе необходимо уменьшить, и наоборот. Затем наносят на шкалу промежуточные отметки. Для этого по показаниям образцового вольтметра устанавливают различные значения напряжения и наносят на шкалу отметки, соответствующие этим напряжениям. Таким образом, на шкалу наносят все отметки, которые должны быть помечены числами. Промежутки между ними разбивают на равные части при вычерчивании шкалы.

Градуировка амперметра (рис. 30-15, *б*). Порядок градуировки амперметра подобен порядку градуировки вольтметра (см. выше). Применяемый источник энергии должен обеспечить получение величины тока, равной конечному значению шкалы градуируемого прибора. Сопротивление реостата R_1 должно быть в 10—20 раз больше внутреннего сопротивления градуируемого прибора, а сопротивление реостата R_2 в 5—10 раз меньше, чем реостата R_1.

Градуировка омметра. Его шкалу можно точно отградуировать с помощью магазина образцовых сопротивлений. Приблизительную градуировку можно осуществлять с помощью постоянных резисторов МЛТ или ВС с допустимым отклонением от номинала ±5%. На шкалу прибора наклеивают вырезанный по ее форме лист чистой плотной бумаги и отмечают на нем положение стрелки при разомкнутых зажимах R_x. Симметрично к этой отметке в правой стороне шкалы ставят еще одну отметку; это будет нуль шкалы омметра. Замкнув затем накоротко зажимы «R_x», устанавливают стрелку прибора на нулевую (правую) отметку вращением ручки шунтирующего прибор переменного резистора (R_2 на рис. 30-9).

После этого подключают к омметру поочередно резисторы с сопротивлениями различной величины и каждый раз отмечают на шкале положение стрелки прибора. Для большей точности градуировки с применением резисторов ВС, МЛТ рекомендуется включать поочередно разные резисторы с одинаковыми номинальными сопротивлениями и отметку делать против наиболее часто встречающегося отклонения стрелки. Чем больше различных номиналов резисторов будет применено при градуировке, тем точнее можно будет производить отсчет сопротивлений при измерении.

30-10. ИСПЫТАТЕЛЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

При конструировании радиоаппаратуры на полупроводниковых приборах необходимо бывает убедиться в том, что транзистор исправен, и определить его параметры. В радиолюбительской практике часто бывает достаточно знать сквозной ток коллектора $I'_{к0}$ и коэффициент передачи тока базы β (коэффициент усиления по току $h_{21э}$). Простой прибор по схеме на рис. 30-16 позволяет определить сквозной ток $I'_{к0}$ и статический коэффициент усиления по току тран-

зистора B при малой величине тока коллектора. Коэффициент B при последнем условии практически равен по величине коэффициентам β и $h_{21э}$.

Транзистор подключают к зажимам *к*, *б* и *э*, предварительно установив переключатель зависимости от структуры транзистора в положение *p-n-p* или *n-p-n*. Поставив переключатель $П_2$ в положение $I'_{к0}$ (цепь базы разомкнута), отсчитывают по шкале миллиамперметра величину сквозного тока коллектора. У хорошего транзистора типа П8—П11, П5—П15, П39—П41 при напряжении батареи 4,5 *в* он не превышает 0,1—0,2 *ма*. Затем переключатель $П_2$ переводят в положение B_1 и отмечают показание миллиамперметра $I_к$. Коэффициент B определяют по формуле

$$B = 10 I_к . \quad (30\text{-}3)$$

Пример. Миллиамперметр показывает $I_к = 0{,}95$ *ма*, следовательно $B = 10 \cdot 0{,}95 = 9{,}5$.

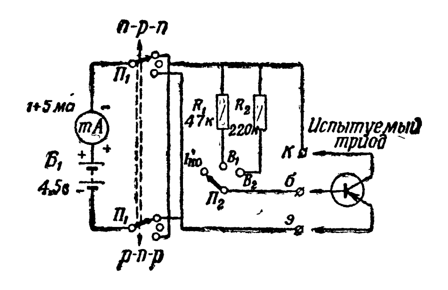


Рис. 30-16. Схема испытателя транзисторов.

Если при положении B_1 переключателя $П_2$ стрелка миллиамперметра отклоняется вправо за пределы шкалы, переключатель следует поставить в положение B_2. В этом случае коэффициент B определяют по формуле

$$B = 50 I_к . \quad (30\text{-}4)$$

Пример. Миллиамперметр показывает $I_к = 1{,}1$ *ма*, следовательно $B = 50 \cdot 1{,}1 = 55$.

30-11. ПРОБНИКИ

Пробники служат для грубой проверки сопротивления различных деталей.

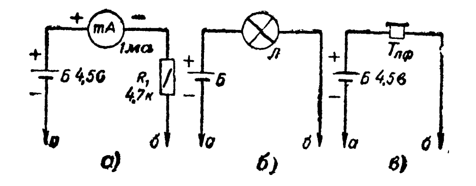


Рис. 30-17. Схемы пробников.

а — с миллиамперметром; *б* — с лампочкой от карманного фонаря; *в* — с телефонными трубками.

Провода *а* и *б* пробника присоединяют к проверяемым цепям. Концы их желательно снабдить однополюсными вилками-щупами.

Пробник с миллиамперметром (рис. 30-17, *а*). Сопротивление резистора R_1 подбирают так, чтобы при замкнутых щупах *а* и *б*

стрелка прибора отклонялась до конечной отметки шкалы. По величине угла отклонения стрелки миллиамперметра можно получить некоторое суждение о сопротивлении проверяемой цепи: чем оно больше, тем меньше угол отклонения стрелки.

Пробник с лампочкой (рис. 30-17, *б*) на напряжение 2,5 или 3,5 *в*. Можно применить и неоновую лампочку; тогда напряжение батареи нужно увеличить до 100—120 *в*, а между неоновой лампочкой и батареей включить резистор сопротивлением 100—180 *ком*. Пробник с лампочкой накаливания пригоден для проверки цепей, имеющих сопротивление не более 5—10 *ом*.

Пробник с телефонными трубками (рис. 30-17, *в*). При подключении его и отключении от исправного резистора в телефонах слышен щелчок. Громкость его тем больше, чем меньше сопротивление резистора. Если же в резисторе обрыв, то щелчка нет как при размыкании, так и при замыкании щупов пробника.

При проверке исправной катушки индуктивности щелчок получается как при замыкании, так и при размыкании цепи.

При первом подключении пробника к исправному конденсатору получается щелчок в телефоне. При последующих подключениях щелчка нет или он очень слабый. Чем больше емкость конденсаторов, тем громче щелчок. Когда же пробник подключается к неисправному конденсатору, щелчки слышны при каждом подключении.

РАЗДЕЛ 31

МОСТОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ И ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

31-1. МОСТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ЕМКОСТЕЙ

Мост для измерения сопротивлений (рис. 31-1, *а*) состоит из четырех резисторов, которые образуют его плечи. В одну из диагоналей четырехугольника включен источник тока, а в другую — индикатор *И*. Мост можно питать постоянным или переменным током НЧ. В первом случае индикатором служит гальванометр, микроамперметр, миллиамперметр с нулевой отметкой в середине шкалы, во втором — головные телефоны.

При определенных соотношениях между сопротивлениями в плечах можно получить баланс моста, т. е. отсутствие тока в цепи индикатора или звука в телефонах. Это достигается изменением сопротивления в одном из плеч моста. Мост получается уравновешенным (сбалансированным), если сопротивления плеч находятся в отношении $R_x : R_0 = R_0 : R_2$, откуда

$$R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2}. \qquad (31\text{-}1)$$

Если известны величины R_0, R_1 и R_2, то по этой формуле можно определить сопротивление R_x измеряемого резистора. Например, если $R_0=50$ *ом*, $R_1=100$ *ом* и $R_2=10$ *ом*, то

$$R_x = 50\frac{100}{10} = 500\ ом.$$

В схеме моста по рис. 31-1,*б* резисторы R_1 и R_2 заменены потенциометром (реохорд).

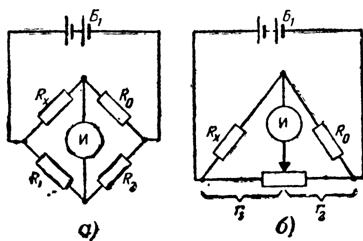


Рис. 31-1. Схемы мостов для измерения сопротивлений.

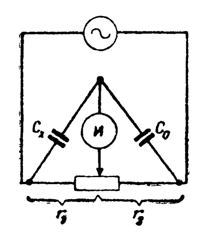


Рис. 31-2. Схема моста для измерения емкостей.

Сопротивление R_0 образцовое (с точно известной величиной). Для данной схемы

$$R_x = R_0\frac{r_1}{r_2}. \qquad (31\text{-}2)$$

Отношения r_1/r_2 заранее измеряют и наносят на шкалу, которой снабжается реохорд. Расширение пределов измерения достигается применением нескольких переключаемых образцовых сопротивлений, которые обычно отличаются друг от друга в 10, 100, 1 000 и другое кратное 10 число раз.

Мост для измерения емкостей. Питание моста (рис. 31-2,*а*) производится переменным током НЧ. Конденсатор C_0 является образцовым. Индикатором служат головные телефоны. Баланс моста отмечается по пропаданию или минимуму звука в них.

Емкость измеряемого конденсатора вычисляют по формуле

$$C_x = C_0\frac{r_2}{r_1}. \qquad (31\text{-}3)$$

Отношения r_1/r_2 наносят на шкалу реохорда, по которой и производят отсчет. Шкала реохорда нелинейная. Расширение пределов измерений производится заменой (переключением) конденсатора C_0 другим конденсатором емкостью в 10, 100 или 1 000 раз большей.

Самодельный реохордный мост для измерения сопротивлений и емкостей. Мост по схеме на рис. 31-3 служит для измерения сопротивлений от 10 *ом* до 10 *Мом* (поддиапазоны 10 *ом*—1 *ком*, 1—

100 *ком*, 100 *ком*—10 *Мом*) емкостей от 10 *пф* до 10 *мкф* (поддиапазоны 10—1 000 *пф*; 1 000 *пф*—0,1 *мкф*; 0,1 *мкф*—10 *мкф*). Изменение пределов и видов измерений производится переключателем *П*. Реохорд R_{10} проволочный, сопротивлением 300 *ом* — 10 *ком* (потенциометр типа ВК или СП применять нежелательно). Баланс моста устанавливают по наиболее слабому звуку или полному исчезновению его в телефонах при перемещении движка реохорда.

На мост подается переменный ток с частотой около 1 000 *гц*, вырабатываемый транзисторным генератором. В нем можно приме-

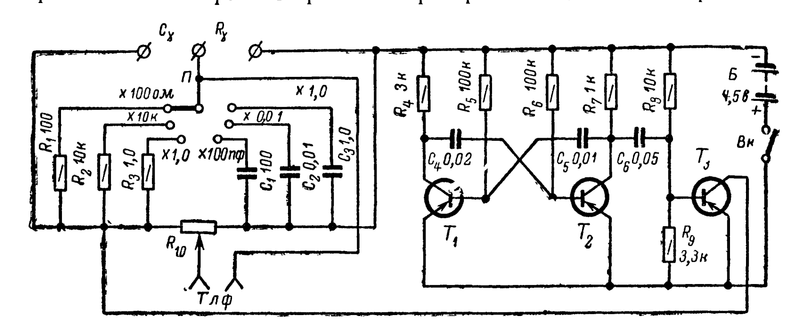


Рис. 31-3. Схема моста для измерения сопротивлений и конденсаторов.

нить маломощные НЧ транзисторы структуры *р-п-р* любого типа (например, П13—П15, П39—П41). Питается генератор от батареи карманного фонаря типа КБС.

Сопротивления резисторов R_1—R_3 и емкости конденсаторов C_1—C_3 подбирают с точностью не хуже 1—2%.

Градуировка моста производится с помощью магазина образцовых сопротивлений и конденсаторов. Когда емкости конденсаторов C_1—C_3 и сопротивления резисторов R_1—R_3 подобраны с достаточной точностью, градуировку шкалы реохорда делают на одном (безразлично каком) пределе измерения. Если от моста не требуется большой точности измерения, можно произвести градуировку шкалы с помощью постоянных резисторов, если в распоряжении радиолюбителя имеется достаточно большое число различных номиналов. Для градуировки желательно использовать резисторы с отклонением от номинала не более ±5%.

Желаемый тон генератора может быть установлен изменением емкости конденсатора C_4.

31-2. ПРОСТОЙ САМОДЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ

Генератор представляет собой мультивибратор на двух транзисторах (рис. 31-4), генерирующий колебания прямоугольной формы с частотой около 2 *кгц*. Такие колебания содержат большое число гармоник вплоть до частот КВ диапазона Это позволяет использовать генератор для проверки каскадов ВЧ и ПЧ радиоприемника. Если генератор включить на вход исправного радиоприемника, то

в его громкоговорителе мы услышим звук меньшей громкости, чем при подключении генератора ко входу усилителя НЧ. Для покаскадной проверки приемника провод *б* генератора подключают к шасси приемника, а провод *а* — поочередно к управляющим сеткам ламп (начиная с оконечного каскада) и прослушивают сигнал в громкоговорителе. При подключении генератора к управляющей сетке неисправного каскада звука в громкоговорителе не будет.

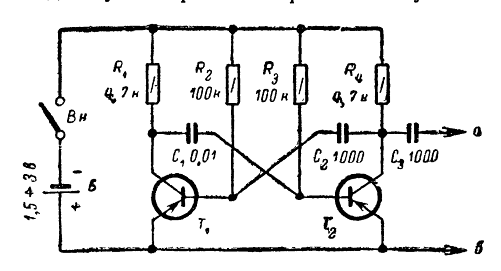


Рис. 31-4. Схема генератора сигналов.

В генераторе могут быть применены транзисторы П13, П14, П15, П39, П40 или П41. Питание генератора осуществляется от элементов ФБС или аккумулятора Д-0,06. Генератор монтируют в металлическом корпусе, выполняющем роль экрана (например, в корпусе от неисправного электролитического конденсатора).

31-3. САМОДЕЛЬНЫЙ ГЕТЕРОДИННЫЙ ИНДИКАТОР РЕЗОНАНСА

Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР) (рис. 31-5) используют как генератор модулированных ВЧ колебаний при настройке резонансных контуров и фильтров приемников прямого усиления и супергетеродинов, а также для измерения собственной частоты резонансных контуров и индуктивности катушек.

ГИР содержит генератор ВЧ колебаний (левая по схеме половина лампы) и модулятор (правая половина лампы). Генератор выполнен по схеме с автотрансформаторной обратной связью и перекрывает диапазон частот 100 *кгц* — 20 *Мгц* на пяти поддиапазонах. Настройка осуществляется конденсатором переменной емкости $C_к$, а изменение поддиапазонов — сменой контурных катушек. Модулятор выполнен на правой половине лампы по схеме генератора с индуктивной связью на частоту около 1 000 *гц*.

Детали. Все катушки намотаны на каркасах с наружным диаметром 12 и длиной 35—50 *мм*; сердечники в катушках типа СЦР-1. Данные катушек приведены в таблице. Для настройки используется одна секция от блока конденсаторов с максимальной емкостью 490—500 *пф*.

Трансформатор $Тр_1$: сердечник Ш 12×15; обмотка *I*—2 400 витков ПЭЛ 0,1; обмотка *II* —600 витков ПЭЛ 0,1. Трансформатор $Тр_2$

Таблица 31-1

Данные катушек ГИР

Диапазон частот, *Мгц*	Число витков	Провод	Отвод снизу от витка	Намотка
0,1—0,3	700	ПЭШО 0,1	65	Внавал
0,3—1,0	200	ПЭШО 0,14	30	То же
0,9—2,5	75	ПЭШО 0,14	18	Однослойная
2,4—8,0	35	ПЭЛ 0,35	8	То же
8,0—20,0	8	ПЭЛ 0,8	3	» »

имеет такие данные, как и трансформатор питания лампового вольтметра по схеме на рис. 30-14.

Настройка контуров приемников. Частоту ВЧ колебаний ГИР устанавливают равной частоте, на которую нужно настроить контур

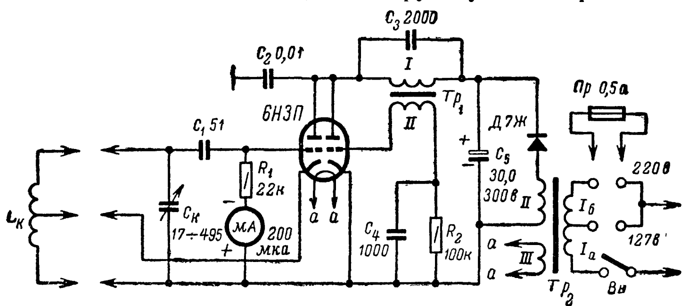


Рис. 31-5. Схема ГИР.

приемника. Поднеся катушку ГИР к этому контуру (лучше к катушке контура), настраивают последний по максимуму громкости частоты модуляции ГИР на выходе радиоприемника.

Измерение собственной частоты резонансного контура. ГИР подносят к контуру, частоту которого нужно измерить, и настраивают на частоту этого контура по минимуму показаний микроамперметра. Отсчет собственной частоты контура производится по шкале ГИР.

Измерение емкости. С помощью ГИР можно измерять емкости конденсаторов в пределах 10—1 000 *пф*. Для этого составляют контур из катушки индуктивности и конденсатора известной емкости $C_к$ и определяют резонансную частоту этого контура f_1. Затем параллельно контуру присоединяют измеряемый конденсатор и вновь измеряют ГИРом резонансную частоту f_2 получившегося контура. Емкость измеряемого конденсатора находят по формуле

$$C_x\,(пф) = C_к\,(пф)\left(\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1\right). \qquad (31\text{-}4)$$

Если частоты f_1 и f_2 близки друг к другу, можно воспользоваться формулой

$$C_x\,(пф) = 2C_к\,(пф)\left(\frac{f_1}{f_2} - 1\right). \qquad (31\text{-}5)$$

Значения f_1 и f_2 подставляют в формулы в одинаковых единицах (*кгц*, *Мгц*).

Измерение индуктивиости. Составляют контур из конденсатора известной емкости C и катушки, индуктивность которой нужно определить, и ГИР измеряют резонансную частоту f этого контура. Индуктивность находят по формулам:

$$L_x\,(мкгн) = \frac{2{,}53\cdot 10^{10}}{C\,(пф)\,f^2\,(кгц)}; \qquad (31\text{-}7)$$

$$L_x\,(мкгн) = \frac{2{,}53\cdot 10^{4}}{C\,(пф)\,f^2\,(Мгц)}. \qquad (31\text{-}8)$$

ЧАСТЬ ВОСЬМАЯ
ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 32
ПИТАНИЕ ОТ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

32-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Питание радиоаппаратуры от электросетей переменного тока — наиболее экономичный, удобный и надежный способ электропитания. При этом накал электронных ламп, как правило, питают переменным током, а для цепей анода, сеток ламп и всех цепей транзисторов переменный ток преобразуют в пульсирующий (ток постоянного напряжения, периодически изменяющийся по величине), уменьшая затем пульсации до столь малой величины, что он не создает заметных помех (фона) в громкоговорителе, телефоне, на экране и т. п.

Преобразование переменного тока в пульсирующий называется **выпрямлением**, а сами преобразователи — **выпрямителями**. Процесс уменьшения пульсаций называется **сглаживанием** пульсаций и осуществляется **сглаживающими фильтрами**. Выпрямителем часто называют весь комплекс, в который входят как собственно выпрямитель, так и сглаживающий фильтр.

Необходимыми частями выпрямителей являются **электрические вентили** — приборы, хорошо пропускающие ток в одном направлении и не пропускающие его (или плохо пропускающие) — в другом.

Широко распространены полупроводниковые выпрямители, где в качестве вентилей применены плоскостные германиевые или кремниевые диоды или селеновые столбы (см. § 38-3). Когда требуются напряжения не более 10—20 *в* при токах до 10 *ма* (например, для смещения на управляющие сетки или питания аппаратуры на маломощных транзисторах), в выпрямителе можно использовать точечные диоды. Применяют также выпрямители с кенотронами в качестве вентилей — **кенотронные выпрямители**. По сравнению с последними выпрямителями на германиевых и кремниевых диодах имеют меньшие размеры и более высокий к. п. д. Из числа полупроводниковых выпрямителей селеновые наиболее надежны в работе; они не боятся кратковременных коротких замыканий со стороны постоянного тока.

Для питания накала лампы первого каскада высококачественного УНЧ, когда необходим особо малый уровень фона в воспроизводимой передаче, а также для питания от электросети накала

батарейных ламп применяют отдельные низковольтные выпрямители на плоскостных диодах.

Выпрямители применяют также в преобразователях постоянного напряжения на полупроводниковых приборах (см. разд. 34).

В составе выпрямителя может быть трансформатор или автотрансформатор питания (см. § 32-6 и 32-8).

Ни одна из цепей бестрансформаторного выпрямителя или выпрямителя с автотрансформатором, а также питаемой ими аппаратуры не должна иметь соединения с «землей». Несоблюдение этого условия может привести к повреждению аппаратуры или перегоранию предохранителей электросети.

32-2. СХЕМЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Для питания радиоприемников, телевизоров и усилителей НЧ применяют выпрямители со сглаживающими фильтрами, начинающимися с емкости (конденсаторы C_0 на рис. 32-1—32-5). Выпрями-

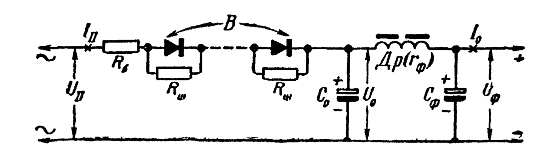


Рис. 32-1. Схема однополупериодного выпрямителя.

тели по схемам на рис. 32-2 и 32-3, *б* обязательно должны иметь трансформаторы питания, а по остальным схемам — могут работать с автотрансформаторами или вообще без трансформаторов и автотрансформаторов.

Вентиль или группа вентилей, включенные в выпрямитель двумя точками, одна из которых присоединена к источнику переменного тока (к обмотке трансформатора, автотрансформатора или непосредственно к электросети), а другая является одним из полюсов выпрямленного напряжения, образуют плечо выпрямительной схемы.

Однополупериодный выпрямитель (рис. 32-1). По этой схеме обычно выполняют выпрямители, от которых требуется ток не более нескольких десятков миллиампер. Во время полупериодов одного знака питающего переменного напряжения конденсатор C_0 заряжается импульсами прямого тока через диоды плеча *В*. Разряд конденсатора происходит через дроссель сглаживающего фильтра *Др* и нагрузку, подключенную к точкам, обозначенным знаками «+» и «—». Каждый последующий импульс прямого тока через диоды восполняет запас энергии конденсаторов C_0 и $C_ф$. Основная частота пульсации выпрямленного напряжения равна частоте переменного тока электросети.

Двухполупериодный выпрямитель (рис. 32-2). Напряжение на каждое плечо поступает с одной из половин вторичной обмотки *II*

трансформатора питания *Тр*. Конденсатор C_0 заряжается дважды за время каждого полупериода переменного напряжения: один раз — импульсом прямого тока через вентили плеча B_1, когда верхний конец обмотки *II* имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке, и второй раз — импульсом прямого тока через вентили плеча B_2 во время полупериода обратного знака, т. е. когда нижний конец обмотки *II* имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке.

Основная частота пульсаций выпрямленного напряжения в 2 раза больше частоты напряжения питающей электросети (100 *гц* при частоте сети 50 *гц*).

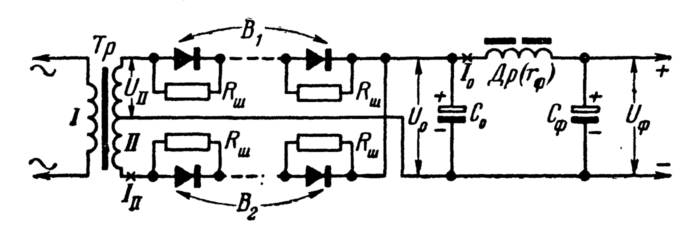


Рис. 32-2. Схема двухполупериодного полупроводникового выпрямителя.

Двухполупериодный выпрямитель по мостовой схеме Греца (рис. 32-3, *а*). Во время полупериодов подводимого напряжения одного знака конденсатор C_0 заряжается импульсами прямого тока через группы диодов (плечи) B_1 и B_4, а во время полупериодов противоположного знака — импульсами прямого тока через группы диодов (плечи) B_3 и B_2. Основная частота пульсации выпрямленного напряжения в этой схеме такая же, как и в предыдущей.

Если применить трансформатор с отводом от средней точки обмотки *II* и добавить в схему конденсатор C_0' (рис. 32-3, *б*), выпрямитель будет давать два напряжения; напряжение на конденсаторе C_0' будет примерно в 2 раза меньше, чем на конденсаторе C_0.

Однополупериодный выпрямитель с удвоением напряжения (рис. 32-4) применяют обычно в случае, когда без трансформатора нужно получить выпрямленное напряжение примерно в 2 раза большей величины по сравнениям с напряжением электросети или вторичной обмотки трансформатора. Во время полупериодов одного знака импульсы прямого тока проходят через диоды в плече B_1, заряжая конденсатор C_0'. Во время полупериодов другого знака на диоды плеча B_2 поступает напряжение, равное сумме подводимого напряжения и напряжения на конденсаторе C_0'. Возникающие от действия этого суммарного напряжения импульсы прямого тока через диоды плеча B_2 заряжают конденсатор C_0 до напряжения примерно вдвое большей величины по сравнению с напряжением на конденсаторе C_0'.

Основная частота пульсации выпрямленного напряжения такая же, как и в однополупериодном выпрямителе (см. рис. 32-1), т. е.

равна частоте переменного тока в питающей электросети. Отсюда выпрямитель с удвоением напряжения по схеме на рис. 32-4 и получил свое название (в действительности, как видно из приведенного выше описания работы схемы, используются оба полупериода).

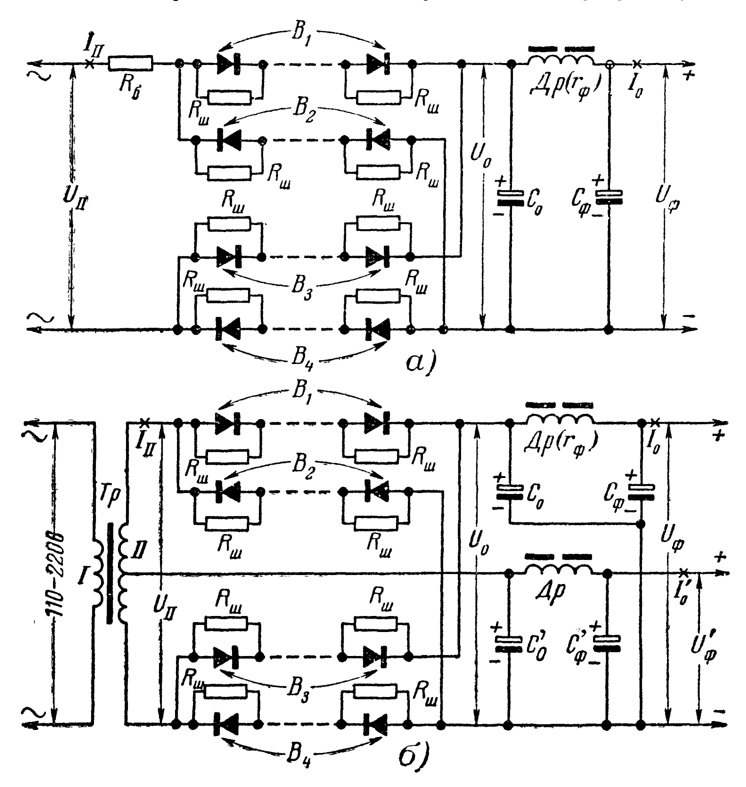


Рис. 32-3. Схемы двухполупериодных полупроводниковых выпрямителей по мостовой схеме на одно (*а*) и два (*б*) выходных напряжения.

Двухполупериодный выпрямитель с удвоением напряжения (схема Латура, рис. 32-5) применяют в тех же случаях, что и выпрямитель по схеме на рис. 32-4. Выпрямитель состоит из двух однополупериодных выпрямителей по схеме на рис. 32-1, работающих поочередно: во время полупериодов питающего напряжения одного знака импульсами прямого тока через вентили плеча B_1 заряжается верхний конденсатор C_0 (рис. 32-5), а во время полупериодов обратного знака через вентили плеча B_2 заряжается нижний конденсатор C_0. Так как эти конденсаторы по отношению к нагрузке

выпрямителя соединены между собой последовательно, на ней получается удвоенное напряжение. Сделав отвод от точки соединения конденсаторов C_0, с любого из них можно снять напряжение, равное половине напряжения U_0.

Основная частота пульсации выпрямленного напряжения вдвое больше частоты тока питающей электросети.

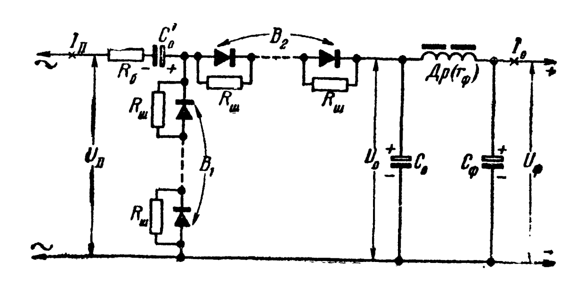


Рис. 32-4. Схема полупроводникового выпрямителя с удвоением напряжения, однополупериодная.

Резисторы $R_ш$, шунтирующие диоды, необходимы только в тех случаях, когда в каждое плечо выпрямителя включено больше одного германиевого или кремниевого плоскостного диода. Сопротивление каждого из резисторов должно быть примерно в 10 раз меньше

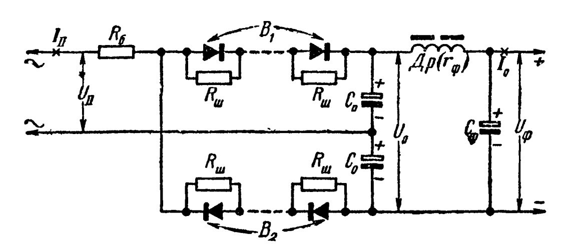


Рис. 32-5. Схема полупроводникового выпрямителя с удвоением напряжения двухполупериодная.

наименьшего обратного сопротивления диодов. Все резисторы в одном плече должны иметь одинаковое номинальное сопротивление с допустимым отклонением не более $\pm 10\%$. При этих условиях получается достаточно равномерное распределение обратного напряжения между диодами. При отсутствии резисторов $R_ш$ на диодах, имеющих большее обратное сопротивление (меньшие обратные токи) по сравнению с другими, напряжение может достигнуть величины напряжения пробоя и диоды могут быть пробиты.

Номинальные сопротивления и мощности резисторов $R_ш$ при диодах различных типов указаны в табл. 32-1. При одном диоде в

Таблица 32-1

Номинальные сопротивления резисторов $R_ш$*

К диоду	$R_ш$, *ком*	К диоду	$R_ш$, *ком*	К диоду	$R_ш$, *ком*
Д7А	10	ДГ-Ц24	27	Д208	220
Д7Б	15	ДГ-Ц25	39	Д209	270
Д7В	22	ДГ-Ц26	47	Д210	330
Д7Г	33	ДГ-Ц27	68	Д211	390
Д7Д	56	Д202	68	Д226	180
Д7Е	68	Д203	120	Д226А	150
Д7Ж	75	Д204	220	Д226Б	100
ДГ-Ц21	10	Д205	270	Д226В	68
ДГ-Ц22	12	Д206	68	Д226Г	47
ДГ-Ц23	18	Д207	120	Д226Д	33

* При температуре окружающей среды до 50° С номинальная мощность резистора $R_ш$ для диодов Д7А—Д7Ж, ДГ-Ц21—ДГ-Ц27, Д202—Д204, Д206—Д208, Д226—Д226Д 0,25 *вт*, а для диодов Д205, Д209—Д211 0,5 *вт*. При температуре выше 50° С необходимо применять резисторы с бо̀льшими номинальными мощностями.

Можно применять резисторы с ближайшими меньшими номинальными сопротивлениями с допустимым отклонением ±10% по сравнению с указанными (см. табл. 39-1).

плече и выпрямителях с селеновыми столбами эти резисторы не нужны.

Последовательного включения точечных диодов не применяют.

Резисторы $R_б$ служат для ограничения проходящих через диоды больших импульсов тока на заряд конденсаторов в момент включения выпрямителей. В схеме с плоскостными диодами резистор $R_б$ обычно имеет сопротивление порядка 2—40 *ом*, а с точечными 0—100 *ом*. В схемах с трансформаторами резисторы $R_б$ не нужны, так как в этом случае ток ограничивается сопротивлением обмоток трансформатора. В выпрямителях на селеновых столбах резисторы $R_б$ не нужны.

Изменяя сопротивление резистора $R_б$, можно в некоторых пределах изменять выпрямленное напряжение.

Нагрузочные характеристики бестрансформаторных выпрямителей с типовыми диодами при различных сопротивлениях резисторов $R_б$, т. е. кривые, показывающие зависимость выпрямленного напряжения U_0 от выпрямленного тока I_0 для разных подводимых переменных напряжений U_{II}, приведены на рис. 32-6—32-9.

Выпрямитель для заряда аккумуляторов можно изготовить по схеме на рис. 32-1, 32-2 или 32-3, *а*. При этом конденсаторы C_0, $C_ф$ и дроссель *Др* из схемы исключаются. Аккумулятор включают на место конденсатора C_0.

При использовании выпрямителя по схеме на рис. 32-1 (без трансформатора или автотрансформатора) для заряда батареи из последовательно соединенных аккумуляторных элементов типа Д-0,1

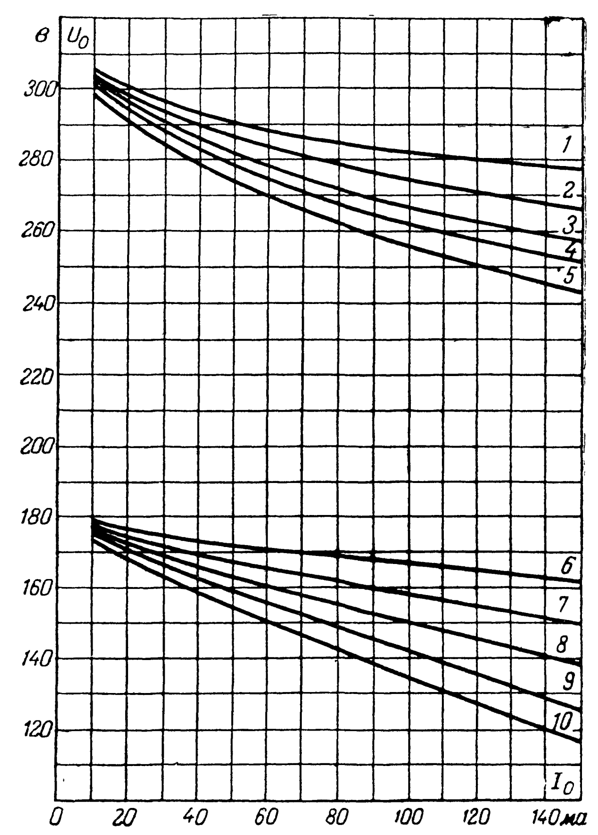


Рис. 32-6. Нагрузочные характеристики однополупериодных полупроводниковых бестрансформаторных выпрямителей.

1 — U_{II}=220 *в*, 4 диода Д7Д, C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
2 — U_{II}=220 *в*, 4 диода Д7Д, C_0=40 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
3 — U_{II}=220 *в*, 4 диода Д7Д, C_0=20 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
4 — U_{II}=220 *в*, 4 диода Д7Д, C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
5 — U_{II}=220 *в*, 4 диода Д7Д, C_0=40 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
6 — U_{II}=127 *в*, 2 диода Д7Ж, C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
7 — U_{II}=127 *в*, 2 диода Д7Ж, C_0=40 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
8 — U_{II}=127 *в*, 2 диода Д7Ж, C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
9 — U_{II}=127 *в*, 2 диода Д7Ж, C_0=20 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
10 — U_{II}=127 *в*, 2 диода Д7Ж, C_0=20 *мкф*, $R_б$=39 *ом*.

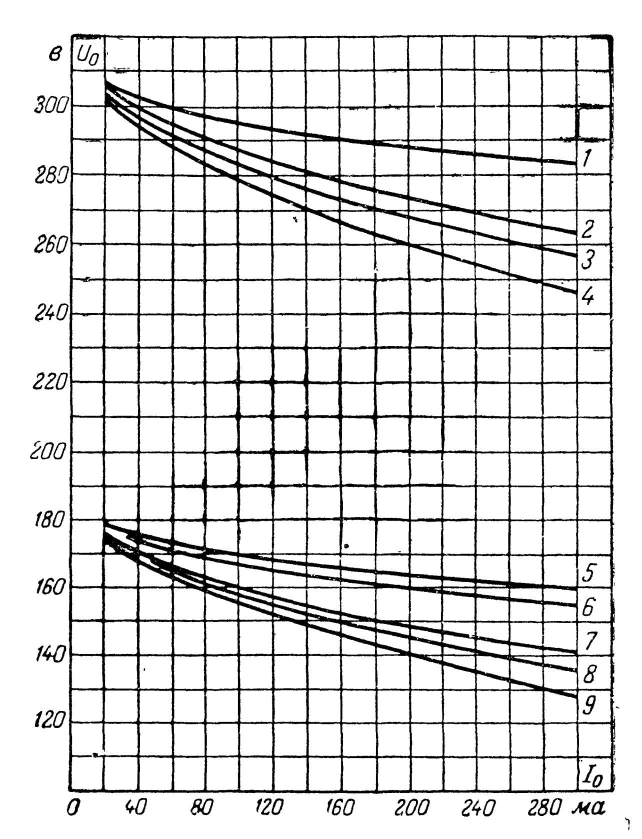


Рис. 32-7. Нагрузочные характеристики полупроводниковых бестрансформаторных выпрямителей по мостовой схеме.

1 — U_{II}=220 *в*, 4×2 диода Д7Д, C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
2 — U_{II}=220 *в*, 4×2 диода Д7Д, C_0=20 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*;
3 — U_{II}=220 *в*, 4×2 диода Д7Д, C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
4 — U_{II}=220 *в*, 4×2 диода Д7Д, C_0=20 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
5 — U_{II}=127 *в*, 4×1 диода Д7Ж, C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,3 *ом*;
6 — U_{II}=127 *в*, 4×1 диода Д7Ж, C_0=40 *мкф*, $R_б$=3,3 *ом*;
7 — U_{II}=127 *в*, 4×1 диода Д7Ж, C_0=20 *мкф*, $R_б$=3,3 *ом*;
8 — U_{II}=127 *в*, 4×1 диода Д7Ж, C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*;
9 — U_{II}=127 *в*, 4×1 диода Д7Ж, C_0=20 *мкф*, $R_б$=39 *ом*.

резистор $R_б$ при напряжении электросети 127 *в* должен иметь сопротивление 4,7 *ком*, а при напряжении электросети 220 *в* 8,2 *ком*; номинальная мощность рассеяния резистора $R_б$ не менее 0,5 *вт*. Диод типа Д7Ж или Д226Б.

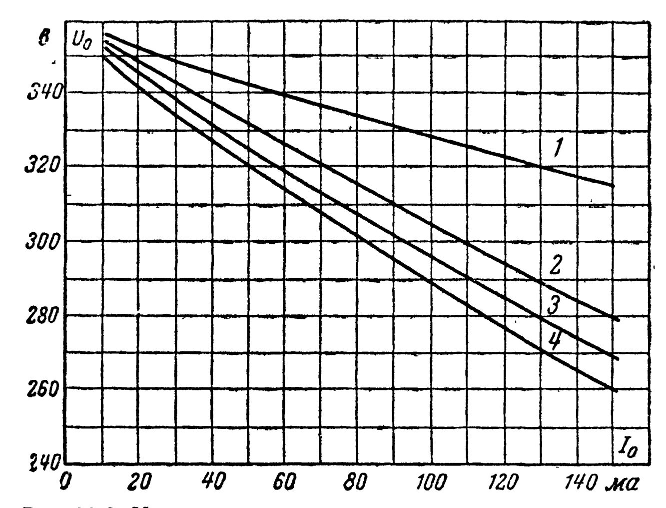


Рис. 32-8. Нагрузочные характеристики полупроводниковых бестрансформаторных однополупериодных выпрямителей с удвоением напряжения с двумя диодами Д7Ж в каждом плече при напряжении питающей электросети 127 *в*. $C_0' = C_0$.

1 — C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*; *2* — C_0=40 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*; *3* — C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*; *4* — C_0=40 *мкф*, $R_б$=39 *ом*.

Если нужно регулировать ток заряда аккумулятора, резистор $R_б$ делают переменным.

32-3. СХЕМЫ КЕНОТРОННЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Однополупериодный выпрямитель (рис. 32-10). В нем применяется одноанодный кенотрон (или двуханодный с соединенными между собой анодами). Накал кенотрона осуществляется от обмотки *IV*, а переменное напряжение на его анод подается от обмотки *II* трансформатора или обмотки *I* автотрансформатора питания. Во время полупериодов этого напряжения, когда анод имеет положительный потенциал по отношению к катоду, через кенотрон проходят импульсы тока, заряжающие конденсатор C_0. Разряд конденсатора C_0 идет через дроссель фильтра *Др* на нагрузку, подключенную к точкам, обозначенным знаками «+» и «—». Каждый последующий импульс тока через кенотрон восполняет запас энергии конденсатора.

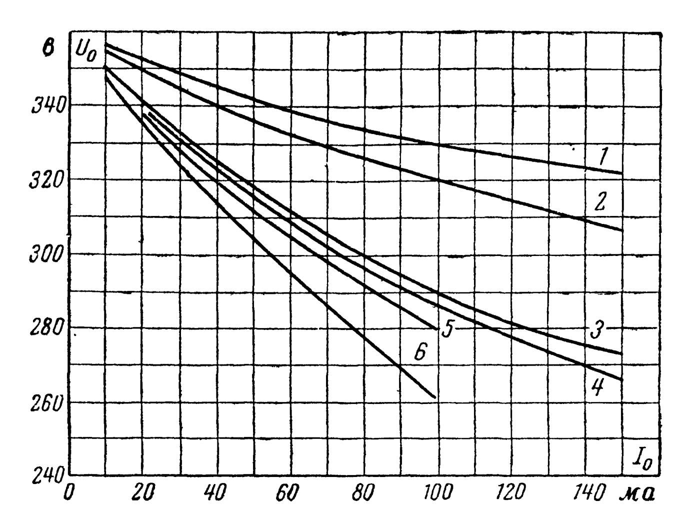


Рис. 32-9. Нагрузочные характеристики полупроводниковых бестрансформаторных двухполупериодных выпрямителей с удвоением напряжения с двумя диодами Д7Ж в каждом плече при напряжении питающей электросети 127 *в*.

1 — C_0=120 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*; *2* — C_0=40 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*; *3* — C_0=120 *мкф*, $R_б$=39 *ом*; *4* — C_0=40 *мкф*, $R_б$=39 *ом*; *5* — C_0=20 *мкф*, $R_б$=3,9 *ом*; *6* — C_0=20 *мкф*, $R_б$=39 *ом*.

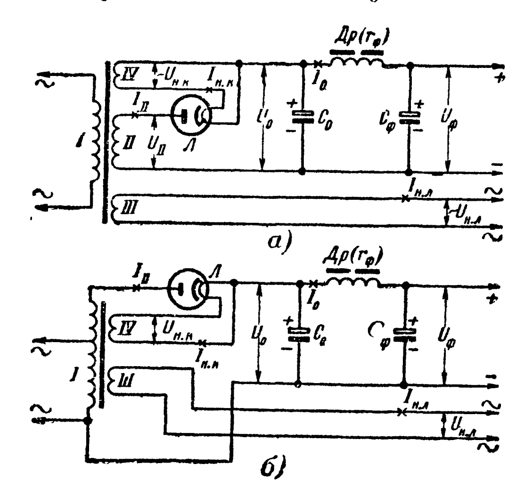


Рис. 32-10. Схемы однополупериодных кенотронных выпрямителей.

а — с трансформатором питания; *б* — с автотрансформатором питания.

Двухполупериодный выпрямитель (рис. 32-11). В нем применяют двуханодный кенотрон 6Ц4П, 5Ц4С, 5Ц4М или другой. Переменное напряжение на каждый из его анодов поступает с половины обмотки *II*. Конденсатор C_0 подзаряжается дважды за время каждого полупериода переменного напряжения: один раз — импульсом тока, проходящим между верхним (по схеме) анодом и катодом кенотрона во время полупериода, когда верхний конец обмотки *II* имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке, и второй раз — импульсом тока, проходящим между нижним по схеме

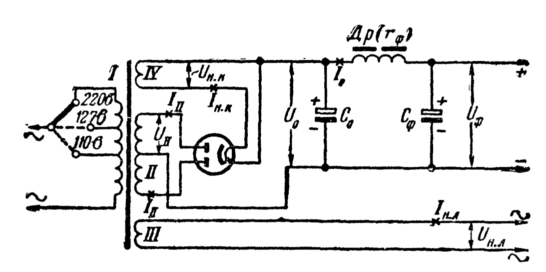


Рис. 32-11. Схема двухполупериодного кенотронного выпрямителя.

анодом и катодом во время полупериода, когда нижний конец обмотки имеет положительный потенциал по отношению к ее средней точке.

32-4. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Полностью устранить пульсации напряжения, получаемого от выпрямителя, невозможно, однако фон переменного тока в громкоговорителе будет незаметным или слабым, если пульсации в достаточной мере ослабить сглаживающим фильтром.

Принцип действия фильтра. Выпрямленный пульсирующий ток проходит на нагрузку через дроссель *Др* (рис. 32-1—32-5, 32-10 и 32-11), обмотка которого обладает относительно небольшим сопротивлением для постоянной составляющей тока, но представляет значительное индуктивное сопротивление для переменной составляющей. Последняя вследствие этого ослабляется дросселем в значительно большей степени, чем постоянная составляющая. Емкостное сопротивление конденсатора $C_ф$ значительно меньше сопротивления нагрузки, и поэтому бо́льшая часть переменной составляющей выпрямленного тока проходит через этот конденсатор, а не через нагрузку. В результате совместного действия дросселя *Др* и конденсатора $C_ф$ пульсация напряжения на последнем значительно меньше, чем на конденсаторе C_0.

Вместо дросселя иногда применяют резистор $r_ф$ с сопротивлением порядка сотен — тысяч ом (рис. 32-12). Фильтр с резистором применяют, когда ток нагрузки не превышает 10—20 *ма*.

Дроссель обычно имеет индуктивность 5—20 *гн*. Его конструктивный расчет см. в § 41-2. Дроссель (резистор) можно включать как

в положительный, так и в отрицательный полюс выпрямленного напряжения.

Напряжение на анод лампы (аноды ламп) оконечного каскада УНЧ, особенно когда он выполнен по двухтактной схеме, можно подавать с конденсатора C_0, т. е. брать его до дросселя *Др* (резистора), однако на экранирующую сетку лампы (ламп) этого каскада напряжение следует при этом брать с конденсатора $C_ф$ (после дросселя, резистора).

Развязывающие фильтры в анодных цепях каскадов УВЧ, УПЧ и каскадов предварительного усиления НЧ дополнительно сглаживают пульсации питающих напряжений этих каскадов.

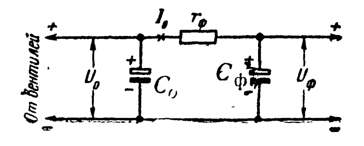


Рис. 32-12. Схема сглаживающего фильтра с резистором.

Конденсаторы. Конденсатор $C_ф$ обычно имеет емкость того же порядка, что и конденсатор C_0, что обеспечивает достаточное сглаживание пульсаций.

В сглаживающих фильтрах обычно применяют электролитические конденсаторы. Если же напряжение на конденсаторах превышает 400 *в*, используют металлобумажные или бумажные конденсаторы (электролитические конденсаторы на бо́льшие номинальные напряжения не изготовляются). Чем больше емкости конденсаторов, тем лучше сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения, т. е. тем меньше его переменная составляющая. При этом емкость конденсатора C_0 на входе сглаживающего фильтра должна быть настолько большой, чтобы переменная составляющая на нем не превышала некоторой предельно допустимой для него величины (определяется расчетом — см. § 32-5). При большей переменной составляющей конденсатор перегревается. Перегрев электролитического конденсатора может привести к взрыву его.

32-5. РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Выпрямители рассчитывают по формулам табл. 32-2, в которых приняты следующие обозначения (см. рис. 32-1—32-5, 32-10 и 32-11):

C_0 — емкость конденсатора на входе сглаживающего фильтра, *мкф*;

$C_ф$ — емкость конденсатора на выходе сглаживающего фильтра, *мкф*;

I_0 — выпрямленный ток — постоянная составляющая тока в нагрузке выпрямителя, *ма*;

I_{II} — действующее (эффективное) значение тока вторичной обмотки трансформатора питания, включенной на полупроводниковые вентили или на аноды кенотрона, или выходной ток автотрансформатора питания; для бестрансформаторного выпрямителя — действующее значение тока, потребляемого им от электросети, *ма*;

$L_ф$ — индуктивность дросселя *Др* сглаживающего фильтра, *гн*;

n — число последовательно соединенных диодов в каждом плече схемы полупроводникового выпрямителя;

Таблица 32-2

Формулы для расчета выпрямителей

Величина	По схеме на рис. 32-1 и 32-10	По схеме на рис. 32-2 и 32-11	По схеме на рис. 32-3	По схеме на рис. 32-4	По схеме на рис. 32-5	Номер формулы
U_{II}, *в*	U_0/A			$U_0/2A$		(32-1)
U_0, *в*	AU_{II}			$2AU_{II}$		(32-2)
$U_{x.x}$, *в*	$1,4U_{II}$			$2,8U_{II}$		(32-3)
I_{II}, *ма*	$2,6I_0$	$1,25I_0$	$1,8I_0$	$3,6I_0$		(32-4)
I_0, *ма*	$0,4I_{II}$	$0,8I_{II}$	$0,6I_{II}$	$0,3I_{II}$		(32-5)
U_C (не менее), *в*	$1,4U_{II}$			$2,8U_{II}$	$1,4U_{II}$	(32-6)
C_0 (не менее), *мкф*	$\frac{BI_0}{U_C}$	$\frac{0,45BI_0}{U_C}$		$\frac{BI_0}{U_C}$		(32-7)*
C_0 (не менее), *мкф*	$\frac{750I_0}{U_0p_0}$	$\frac{320I_0}{U_0p_0}$		$\frac{750I_0}{U_0p_0}$	$\frac{640I_0}{U_0p_0}$	(32-8)**
p_0 (около), %	$\frac{750I_0}{U_0C_0}$	$\frac{320I_0}{U_0C_0}$		$\frac{750I_0}{U_0C_0}$	$\frac{640I_0}{U_0C_0}$	(32-9)
$p_ф$ (около), %	$\frac{12p_0}{L_фC_ф}$	$\frac{3p_0}{L_фC_ф}$		$\frac{12p_0}{L_фC_ф}$	$\frac{3p_0}{L_фC_ф}$	(32-10)
$C_ф$, *мкф*	$\frac{12p_0}{L_фp_ф}$	$\frac{3p_0}{L_фp_ф}$		$\frac{12p_0}{L_фp_ф}$	$\frac{3p_0}{L_фp_ф}$	(32-11)
$L_ф$, *гн*	$\frac{12p_0}{C_фp_ф}$	$\frac{3p_0}{C_фp_ф}$		$\frac{12p_0}{C_фp_ф}$	$\frac{3p_0}{C_фp_ф}$	(32-12)
$U_ф$, *в*	$U_0-\frac{r_фI_0}{1\,000}$					(32-13)
U_0, *в*	$U_ф+\frac{r_фI_0}{1\,000}$					(32-14)
$r_ф$, *ом*	$\frac{1\,000(U_0-U_ф)}{I_0}$					(32-15)

* Формулы для вычисления минимально необходимой емкости конденсатора C_0.

** Формулы для вычисления емкости конденсатора C_0, при которой коэффициент пульсации напряжения на этом конденсаторе не превышает заданного значения p_0.

$r_ф$ — сопротивление сглаживающего фильтра постоянному току (сопротивление обмотки дросселя L или заменяющего его резистора), *ом*;

p_0 — коэффициент пульсации напряжения на входе сглаживающего фильтра (на конденсаторе C_0) — отношение амплитуды переменной составляющей этого напряжения к его постоянной составляющей, %;

$p_ф$ — то же на нагрузке выпрямителя (на конденсаторе $C_ф$), %;

U_0 — постоянная составляющая напряжения на входе фильтра, *в*;

$U_ф$ — постоянная составляющая напряжения на нагрузке выпрямителя, *в*;

$U_{х.х}$ — напряжение холостого хода выпрямителя (U_0 и $U_ф$ при отключенной нагрузке), *в*;

U_C — номинальное напряжение конденсатора в сглаживающем фильтре, *в*;

U_{II} — действующее значение переменного напряжения, подаваемого на полупроводниковые вентили или на аноды кенотрона; напряжение вторичной обмотки нагруженного трансформатора питания (для схемы на рис. 32-2 и 32-11 — напряжение каждой половины обмотки); выходное напряжение автотрансформатора питания или напряжение электросети для бестрансформаторного выпрямителя, *в*;

A — коэффициент, зависящий от применяемых вентилей: для плоскостных диодов и селеновых столбов при выпрямленных напряжениях более 100 *в* $A = 1,1 \div 1,35$, для тех же вентилей при меньших напряжениях, а также для точечных диодов и кенотронов $A = 0,9 \div 1,1$; чем меньше ток I_0 по сравнению с предельным током для применяемых вентилей, тем бóльшим нужно брать коэффициент A;

B — коэффициент, зависящий от номинального напряжения U_C и емкости конденсатора C_0 на входе сглаживающего фильтра (табл. 32-3).

Амплитуда переменной составляющей выпрямленного напряжения, подаваемого на питание приемников или усилителей, должна быть по крайней мере в 2—10 тыс. раз меньше его постоянной составляющей, что соответствует коэффициенту пульсации $p_ф = 0,01 \div 0,05\%$.

Предельные выпрямленные токи, которые можно получить от выпрямителей по схемам на рис. 32-1, 32-4 и 32-5 с плоскостными диодами, указаны в § 38-5. При использовании точечных диодов выпрямленный ток должен быть не более $^1/_7$—$^1/_{10}$ величины $I_{пр}$ согласно табл. 38-2. От выпрямителей по двухполупериодным схемам (см. рис. 32-2 и 32-3) можно получить вдвое бóльшие выпрямленные токи.

Предельные выпрямленные токи $I_{0макс}$ для выпрямителей с кенотронами указаны в табл. 37-1 на стр. 508.

Предельное напряжение переменного тока U_{II} (действующее значение), которое можно подать на германиевый или кремниевый диод при работе его в схеме на рис. 32-1, 32-2, 32-4 или 32-5, определяют по формуле

$$U_{II} = 0,3\,U_{обр.макс}. \qquad (32\text{-}16)$$

Таблица 32-3

Коэффициент B к формулам (32-7)

Номинальные значения		B	Номинальные значения		B
U_C, *в*	Пределы C_0, *мкф*		U_C, *в*	Пределы C_0, *мкф*	
*Конденсаторы КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М, КЭГ-1М, КЭГ-2М**					
8	50, 100	90	150	5—20	90
8	200—2 000	180	150	30—50	150
12	10	60	200	150	230
12	30—100	90	300	2—20	90
12	200—2 000	180	300	30	150
20	10, 20	60	300	120, 150	180
20	30—100	90	450	2—20	90
20	200—2 000	180	450	40	150
30	10, 20	60	450	80	180
30	30—100	90	*Конденсаторы МБГО,*		
30	200—500	180	*МБГП, КБГ-МП, КБГ-МН*		
50	10, 20	60	160÷		45**
50	30—100	90	1 500	2—30	60***

* Для конденсаторов КЭ-1ПМ, КЭ-1ОМ, КЭ-2ПМ, КЭ-2ОМ, КЭГ-1ОМ и КЭГ-2ОМ с такими же емкостями и номинальными напряжениями коэффициенты B в 2 раза меньше.

** Для схем по рис. 32-1, 32-4, 32-5 и 32-10.

*** Для схем по рис. 32-2, 32-3 и 32-11.

Для схемы на рис. 32-3 при одном диоде в каждом плече

$$U_{II} \leqslant 0{,}6U_{обр.макс} . \qquad (32\text{-}17)$$

Величины $U_{обр.макс}$ для диодов различных типов указаны в табл. 38-2, 38-4 и 38-5 на стр. 555—557.

Если напряжение U_{II} больше вычисленного по формуле (32-16) или (32-17), необходимо применить последовательное соединение диодов (точечные диоды последовательно не включают). Число диодов в каждом плече схемы по рис. 32-1, 32-2, 32-4 или 32-5 определяют по формуле

$$n \geqslant \frac{4U_{II}}{U_{обр.макс}} , \qquad (32\text{-}18)$$

а для схемы по рис. 32-3 — по формуле:

$$n \geqslant \frac{2U_{II}}{U_{обр.макс}} . \qquad (32\text{-}19)$$

Предельные напряжения переменного тока $U_{II макс}$ для кенотронов указаны в табл. 37-1, на стр. 508.

Емкость конденсатора C_0, вычисляемая по формуле (32-7) в табл. 32-2, является минимально допустимой емкостью, при которой переменная составляющая выпрямленного напряжения не вызовет недопустимого разогрева этого конденсатора. Коэффициент пульсации напряжения на нем вычисляют по формуле (32-9). Практически при емкости, вычисленной по формуле (32-7), этот коэффициент не превышает следующих значений: а) 10—15% в выпрямителях на низкие напряжения по схемам на рис. 32-1 и 32-4; б) 5—7% в выпрямителях на низкие напряжения по схемам на рис. 32-2, 32-3 и 32-5; в) 5—10% в выпрямителях на напряжения 150 *в* и выше по схемам на рис. 32-1, 32-4 и 32-10; г) 2—5% в выпрямителях на напряжения 150 *в* и выше по схемам на рис. 32-2, 32-3, 32-5 и 32-11.

Если на входе сглаживающего фильтра нужно иметь меньшие пульсации напряжения (например, при питании от конденсатора C_0 оконечного двухтактного каскада, где нужно иметь $p_0=1\%$), емкость конденсатора C_0 вычисляют по формуле (32-8).

Сглаживающий фильтр с дросселем рассчитывают по формулам (32-10)—(32-15) из табл. 32-2.

Сглаживающий фильтр с резистором (рис. 32-12) рассчитывают по формулам:

$$C_ф = \frac{Dp_0}{r_ф\, p_ф};\quad r_ф = \frac{Dp_0}{C_ф\, p_ф};$$

$$p_ф = \frac{Dp_0}{r_ф\, C_ф}. \qquad (32\text{-}20)$$

Для выпрямителей по схемам на рис. 32-1, 32-4 и 32-10 коэффициент $D=4\,000$, а для, выпрямителей по схемам на рис. 32-2, 32-3, 32-5 и 32-11 $D=2\,000$.

Все эти формулы дают достаточно точный результат, если падение напряжения на резисторе фильтра не превышает 20—25% величины выпрямленного напряжения, т. е. когда

$$r_ф \leqslant \frac{(200 \div 250)\, U_0}{I_0}. \qquad (32\text{-}21)$$

Номинальную мощность резистора определяют по графику на рис. 39-2.

32-6. ТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

Трансформаторы питания преобразуют напряжение электросети в напряжения других величин, необходимые для подачи на аноды кенотрона, германиевые, кремниевые диоды или селеновые столбы, а также для накала электронных ламп. Трансформатор питания состоит из сердечника (см. § 41-1), на котором расположены обмотки из медного изолированного провода.

Первичная обмотка включается в электросеть переменного тока. Чем больше напряжение сети, тем большее число витков (при данном размере сердечника) должна иметь эта обмотка. Обычно трансформаторы питания рассчитывают на включение в электросети с номинальными напряжениями 127 и 220 *в*, предусматривая при этом возможность нормальной работы их при напряжении 110 *в* (понижен-

Рис 32-13. Включение трансформатора питания с трехсекционной первичной обмоткой в электросети с различными напряжениями.

Iа, Iб, Iв — секции первичной обмотки; *II*—вторичная повышающая обмотка, *III* и *IV* — обмотки накала.

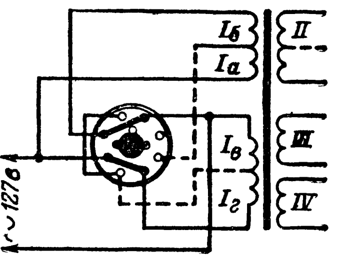


Рис. 32-14. Переключение секций первичной обмотки трансформатора питания с помощью октальной ламповой панельки.

Iа, Iб, Iв, Iг — секции первичной обмотки; *II* — вторичная повышающая обмотка; *III* и *IV* — обмотки накала.

ное напряжение в 127-вольтовой сети). Во всех этих случаях первичная обмотка состоит из нескольких секций (частей), которые соединяются между собой различно в зависимости от напряжения в электросети (рис. 32-13 и 32-14).

Переключатели секций первичной обмотки. В качестве их используют октальные ламповые панельки, средние отверстия которых имеют специальную форму. Выводы от секций обмотки припаивают к гнездам панельки, а в нее вставляют колодку, подобную цоколю электронной лампы с попарно накоротко замкнутыми штырьками (рис. 32-14). При различных напряжениях электросети колодку вставляют в различных положениях, вследствие чего и получают различные комбинации соединений секций первичной обмотки. Иногда переключение секций первичной обмотки трансформатора по схеме на рис. 32-13 осуществляют перестановкой плавкого предохранителя из одного держателя в другой (см. схемы приемников в разд. 14).

Вторичные обмотки. Так называют все остальные обмотки трансформатора. При включении первичной обмотки в электросеть через эту обмотку течет переменный ток, создающий в сердечнике переменное магнитное поле. Последнее наводит переменные э. д. с. во вторичных обмотках.

Напряжение вторичной обмотки получается больше или меньше напряжения электросети примерно во столько же раз, во сколько раз число витков данной обмотки больше или соответственно меньше числа витков включенных в электросеть секций первичной обмотки. Если напряжение вторичной обмотки, включенной на полупроводниковые вентили или аноды кенотрона, больше напряжения электросети, она называется повышающей. В случае кенотронного выпрямителя эту обмотку называют также анодной.

Вторичная обмотка, от которой питают цепи накала электронных ламп, называют сокращенно обмоткой накала ламп. Ее напряжение под нагрузкой обычно 6,3 *в*. Так как оно меньше напряжения сети, обмотка накала называется понижающей. Трансформаторы питания сложных радиоприемников и телевизоров могут иметь по нескольку обмоток накала, а также дополнительную обмотку, с которой напряжение поступает на вентили выпрямителя, дающего напряжения фиксированного смещения на управляющие сетки ламп. Трансформатор кенотронного выпрямителя, кроме того, имеет обмотку накала кенотрона. Иногда напряжение на вентили выпрямителя смещения подают с обмотки накала ламп.

Экранирующая обмотка представляет собой слой изолированного провода между первичной и вторичными обмотками. Один конец экранирующей обмотки соединяют с шасси радиоустройства. Эта обмотка ослабляет помехи, проникающие из электросети в радиоустройство через емкость между первичной и вторичными обмотками трансформатора питания.

Роль экранирующей обмотки может выполнять обмотка накала ламп, если намотать ее непосредственно поверх секций первичной обмотки.

32-7. РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Габаритная мощность трансформатора $P_т$ — одна из основных его характеристик — выражается в вольт-амперах, т. е. является «кажущейся мощностью» и равна полусумме кажущихся мощностей

всех обмоток трансформатора (первичной и вторичных). Кажущаяся мощность каждой из обмоток определяется как произведение действующего значения тока в ней в амперах на действующее значение ее э. д. с. в вольтах.

Если трансформатор работает на выпрямитель по мостовой схеме (см. рис. 32-3, *а*) или по схеме с удвоением напряжения

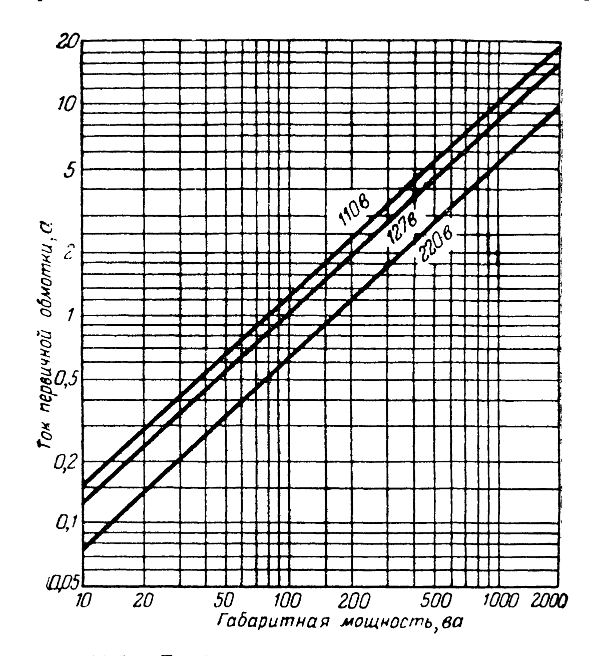


Рис. 32-15. Графики для определения токов секций первичных обмоток трансформаторов питания при полной нагрузке их.

(рис. 32-4 и 32-5), то мощность, потребляемая трансформатором из сети при полной нагрузке его вторичных обмоток, примерно равна габаритной мощности. В случае же работы трансформатора на выпрямитель по двухполупериодной двухплечной (рис. 32-2 и 32-11) или однополупериодной (рис. 32-1 и 32-10, *а*) схеме габаритная мощность трансформатора больше мощности, потребляемой из сети.

Габаритную мощность трансформатора питания вычисляют по формуле

$$P_{т} = HI_{II}U_{II} + 1{,}1\,(I_{н.л}U_{н.л} + I_{н.к}U_{н.к}), \qquad (32\text{-}22)$$

где $I_{н.л}$ и $I_{н.к}$ — токи обмоток накала ламп и кенотрона, *а*;
$U_{н.л}$ и $U_{н.к}$ — напряжения обмоток накала ламп и кенотрона, *в*;
I_{II} и U_{II} — см. § 32-5 (I_{II} берут в миллиамперах);

Таблица 32-4

Трансформаторы питания на броневых сердечниках из пластин

Тип сердечника	Размеры по рис. 41-1, *а* и *б* $L\times H\times B$, *мм*	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
			на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
Ш16×20	64×40×20	9	13,1	2 880	1 660	1 440	17	108	85
Ш16×20	64×56×20	15	13,2	2 900	1 675	1 450	17	108	85
Ш16×24	48×40×24	5	10,8	2 380	1 375	1 190	13,3	84	66
Ш16×25	64×40×25	10	10,4	2 290	1 320	1 145	13	82	65
Ш16×25	64×56×25	18	10,5	2 310	1 335	1 155	12,7	80	64
Ш16×32	48×40×32	7	8,3	1 830	1 055	915	10,0	63	50
Ш16×32	64×40×32	12	8,3	1 830	1 055	915	10,0	63	50
Ш16×32	64×56×32	22	8,35	1 840	1 060	920	9,9	62	50
Ш16×40	64×40×40	15	6,7	1 480	855	740	7,8	49	39
Ш16×40	64×56×40	27	6,8	1 500	865	750	7,7	49	39
Ш18×18	54×45×18	8	15,0	3 300	1 900	1 650	20,0	126	100
Ш18×27	54×45×27	11	10,5	2 320	1 340	1 160	12,0	76	60
Ш18×36	54×45×36	14	8,0	1 760	1 020	880	9,0	57	45
УШ19×19	67×57,5×19	9	10,8	2 380	1 375	1 190	13	82	65
УШ19×19	67×57,5×29	14	6,5	1 430	825	715	7,3	46	32
УШ19×38	67×57,5×38	18	5,1	1 120	647	560	5,6	36	29
Ш20×20	60×50×20	12	10,5	2 320	1 340	1 160	13,2	84	66
Ш20×20	80×50×20	15	10,6	2 340	1 350	1 170	13,2	84	66
Ш20×20	80×70×20	25	10,7	2 360	1 360	1 180	13,2	84	66

Продолжение табл. 32-4

Тип сердечника	Размеры по рис. 41-1, *а* и *б* $L \times H \times B$, *мм*	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
			на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
Ш20×25	80×50×25	18	8,6	1 890	1 090	945	10,5	66	53
Ш20×25	80×70×25	32	8,7	1 920	1 110	960	10,4	65	52
Ш20×27	65×65×27	20	8,2	1 810	1 045	905	10,0	63	50
Ш20×30	60×50×30	16	7,0	1 540	890	770	8,4	53	42
Ш20×32	80×50×32	20	6,85	1 510	870	755	8,0	50	40
Ш20×32	80×70×32	30	6,9	1 520	880	760	8,0	50	40
Ш20×40	60×50×40	20	5,5	1 210	700	605	6,4	41	32
Ш20×40	80×50×40	25	5,45	1 200	695	600	6,2	39	31
Ш20×40	80×70×40	45	5,5	1 210	700	605	6,2	39	31
Ш20×50	80×50×50	30	4,35	960	555	480	4,9	31	25
Ш20×50	80×70×50	55	4,33	950	550	475	4,9	31	25
Ш22×22	66×55×22	15	9,0	1 880	1 145	990	11,0	70	55
Ш22×33	66×55×33	22	6,0	1 320	765	660	7,0	44	35
УШ22×22	78×67×22	16	8,0	1 760	1 015	880	9,3	59	44
УШ22×33	78×67×33	22	5,4	1 190	690	595	6,0	38	30
УШ22×44	78×67×44	28	4,1	900	520	450	4,3	27	22
Ш25×25	100×62,5×25	32	6,9	1 520	880	760	8,2	51	41
Ш25×25	100×87,5×25	50	6,9	1 520	880	760	8,2	51	41
Ш25×32	100×62,5×32	40	5,45	1 200	695	600	6,2	39	31
Ш25×32	100×87,5×32	70	5,5	1 210	700	605	6,3	40	31
Ш25×40	100×62,5×40	45	4,4	970	560	485	4,9	31	24

Продолжение табл. 32-4

Тип сердечника	Размеры по рис. 41-1, *а* и *б* $L \times H \times B$, *мм*	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
			на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
Ш25×40	100×87,5×40	80	4,4	970	560	485	4,9	31	24
Ш25×50	100×62,5×50	50	3,55	780	450	390	3,9	25	19
Ш25×50	100×87,5×50	100	3,5	770	445	385	3,8	24	19
Ш25×63	100×62,5×63	60	2,9	640	370	320	3,15	20	16
Ш25×63	100×87,5×63	120	2,9	640	370	320	3,1	20	15,5
УШ26×26	94×81×26	30	5,45	1 200	690	600	6,0	38	30
УШ26×39	94×81×39	50	3,7	815	470	407	4,0	25,5	20
УШ26×52	94×81×52	60	2,7	570	340	285	3,0	19	15
Ш28×28	84×70×28	40	6,1	1 340	780	670	7,0	44	35
Ш28×42	84×70×42	55	4,05	890	515	445	4,5	29	22
УШ30×30	106×91×30	55	4,2	920	532	460	4,6	29	23
УШ30×45	106×91×45	75	3,1	680	395	340	3,3	21	17
УШ30×60	106×91×60	90	2,35	520	300	260	2,5	16	13
Ш32×32	128×80×32	80	4,45	980	565	490	5,0	31	25
Ш32×32	128×112×32	110	4,5	990	570	495	5,0	31	25
Ш32×40	128×80×40	100	3,5	750	435	375	3,8	25	20
Ш32×40	128×112×40	170	3,65	800	460	400	3,8	25	20
Ш32×50	128×80×50	120	3,0	660	380	330	3,2	20	16
Ш32×50	128×112×50	200	3,0	660	380	330	3,2	20	16

Продолжение табл. 32-4

Тип сердечника	Размеры по рис. 41-1, *а* и *б* *L*×*H*×*B*, *мм*	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
			на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
Ш32×63	128×80×63	160	2,55	560	325	280	2,75	17,5	13,5
Ш32×63	128×112×63	240	2,55	560	325	280	2,7	17	13,5
Ш32×80	128×80×80	180	1,92	420	243	210	2,0	12,5	10
Ш32×80	128×112×80	300	1,95	430	249	215	2,0	12,5	10
Ш34×35	102×102×35	90	4,2	920	532	460	4,6	29	23
Ш34×52	102×102×52	140	2,5	550	320	275	2,7	17	13,5
УШ35×35	123×105,5×35	100	3,25	720	415	360	3,5	22	17,5
УШ35×52	123×105,5×35	135	2,25	496	286	248	2,35	15	12
УШ35×70	123×105,5×35	170	1,65	364	210	182	1,7	11	8,5
Ш35×35	130×105×35	180	3,8	840	485	420	3,95	25	20
Ш35×45	130×105×45	220	2,8	620	358	310	3,0	19	15
УШ40×40	144×124×40	170	2,55	560	325	280	2,7	17	13
УШ40×60	144×124×60	250	1,77	390	225	195	1,8	11,5	9
УШ40×80	144×124×80	310	1,37	300	174	150	1,41	9	7
Ш40×40	160×100×40	190	3,0	660	380	330	3,3	21	16,5
Ш40×40	160×140×40	300	3,05	670	387	335	3,3	21	16,5
Ш40×50	160×100×50	240	2,4	530	305	265	2,6	17	13
Ш40×50	160×140×50	350	2,45	540	312	270	2,6	17	13
Ш40×63	160×100×63	280	2,0	440	255	220	2,2	14	11
Ш40×63	160×140×63	430	2,05	450	260	255	2,2	14	11
Ш40×80	160×100×80	340	1,43	316	182	158	1,5	9,5	7,5
Ш40×80	160×140×80	530	1,46	322	186	161	1,5	9,5	7,5
Ш40×100	160×100×100	400	1,19	260	151	130	1,25	8	6
Ш40×100	160×140×100	650	1,21	266	156	133	1,25	8	6

Таблица 32-5

Трансформаторы питания на витых сердечниках

Тип сердечника (рис. 41-1, *д* и 41-3)	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
		на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
ШЛ16×20	15	10,0	2 200	1 270	1 100	12,0	78	60
ШЛ16×25	18	8,6	1 900	1 100	950	10,2	65	51
ШЛ16×32	25	6,5	1 430	825	715	7,4	47	37
ШЛ20×20	35	8,2	1 800	1 040	900	9,7	61	49
ШЛ20×25	45	6,6	1 450	840	725	7,5	48	37
ШЛ20×32	60	5,2	1 140	660	570	5,8	37	39
ШЛ20×40	70	4,5	990	572	495	5,0	32	25
ШЛ25×25	100	5,8	1 280	740	640	6,7	42	33
ШЛ25×32	120	4,4	970	560	485	4,9	31	24
ШЛ25×40	150	3,55	780	450	390	3,9	25	19
ШЛ25×50	180	2,95	650	375	325	3,2	20	16
ШЛ32×32	250	3,65	800	462	400	4,0	25	20
ШЛ32×40	300	2,8	620	358	310	3,0	19	15
ШЛ32×50	390	2,3	510	295	255	2,5	16	12,5
ШЛ32×64	450	1,8	396	230	198	1,9	12	9,5
ШЛ40×40	550	2,3	506	292	253	2,5	16	12,5
ШЛ40×50	670	1,85	408	236	204	2,0	12,5	10
ШЛ40×64	800	1,43	314	181	157	1,5	9,5	7,5
ШЛ40×80	950	1,14	250	145	125	1,2	7,5	6,0
ПЛ12,5×16-25	10	15,5	3 410	1 960	1 705	20,6	136	103
ПЛ12,5×16-32	12							
ПЛ12,5×16-40	14							
ПЛ12,5×16-50	16							
ПЛ12,5×25-30	20	10,0	2 200	1 270	1 100	12,3	77	61
ПЛ12,5×25-40	25							
ПЛ12,5×25-50	32							
ПЛ12,5×25-40	40							

Тип сердечника (рис. 41-), д и 41-3)	Габаритная мощность, *ва*	Число витков первичной обмотки				Число витков вторичной обмотки		
		на 1 *в*	на 220 *в*	на 127 *в*	на 110 *в*	на 1 *в*	на 6,3 *в*	на 5 *в*
ПЛ16×32-40 ПЛ16×32-50 ПЛ16×32-65 ПЛ16×32-80	50 65 80 100	6,0	1 320	760	660	6,7	42	33
ПЛ20×40-50 ПЛ20×40-60 ПЛ20×40-80 ПЛ20×40-100	130 160 200 250	3,8	835	480	420	4,2	26	21
ПЛ25×50-65 ПЛ25×50-80 ПЛ25×50-100 ПЛ25×50-120	300 360 440 550	2,5	550	320	275	3,0	19	15
ПЛ32×64-80 ПЛ32×64-100 ПЛ32×64-130 ПЛ32×64-160	700 900 1 000 1 300	1,5	330	190	165	1,6	10	8

H — коэффициент, зависящий от схемы выпрямителя: для схемы на рис. 32-1, 32-3,а, 32-4, 32-5 и 32-10 $H=0{,}0011$; для схемы на рис. 32-2 и 32-11 $H=0{,}0022$.

При расчете трансформатора для полупроводникового выпрямителя произведение $I_{н.к}U_{н.к}$ из формулы (32-22) нужно исключить

Применяют сердечник, для которого габаритная мощность, указанная в табл. 32-4 или 32-5, не менее вычисленной по формуле (32-22). Габаритные мощности, указанные в этих таблицах, соответствуют плотностям тока, приведенным в табл. 41-1 и 41-2 (перегрев до 35° С). Если увеличить плотности тока на 25%, габаритные мощности также увеличатся на 25%, но при этом перегрев трансформатора может достигнуть 50° С.

Расчет первичной обмотки по схеме на рис. 32-13. Общее число витков ее берут из графы «на 220 *в*» табл. 32-4 или 32-5, а отводы делают от витков, указанных в графах «на 110 *в*» и «на 127 *в*» той же таблицы (для сердечника с выбранной габаритной мощностью). Далее по графику на рис. 32-15 определяют: ток секции I_a, пользуясь линией «110 *в*», ток секции $I_б$, пользуясь линией «127 *в*», и ток секции $I_в$, пользуясь линией «220 *в*».

Расчет первичной обмотки по схеме на рис. 32-14. Суммарное

число витков секций $Iа+Iб$ и суммарное число витков секций $Iв+Iг$ берут из графы «на 127 *в*» табл. 32-4 или 32-5; отводы делают из витков, указанных в графе «на 110 *в*», а токи всех секций определяют, пользуясь линией «на 220 *в*» графика на рис. 32-15.

Расчет вторичных обмоток. Число витков каждой из них определяют умножением величины, указанной в графе «Число витков вторичной обмотки на 1 *в*» табл. 32-4 или 32-5, на требуемое напряжение обмотки. Числа витков обмоток накала на напряжения 6,3 и 5 *в* можно взять непосредственно из этих таблиц.

Диаметры проводов обмоток определяют, как указано в § 41-2, пользуясь величинами плотностей тока из табл. 41-1 или 41-2 для сердечника выбранных размеров, формулой (41-2) или графиком на рис. 41-6.

32-8. АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

Автотрансформатором называют трансформатор, одна из обмоток которого является частью другой обмотки (рис. 32-16—32-18). Его называют повышающим, если напряжение U_{II} больше подводимого (напряжение сети подается на часть обмотки, а нагрузка подключается к концам обмотки). Автотрансформатор называют понижающим, если напряжение U_{II} меньше подводимого (напряжение сети поступает на концы обмотки, а нагрузка подключена к части ее витков).

Автотрансформаторы применяют в выпрямителях вместо трансформаторов (см., например, рис. 32-10, *б*); при этом обмотки накала обычно изолированы от обмотки, соединяемой с электросетью.

Габаритная мощность автотрансформатора $P_{ат}$. В автотрансформаторе посредством магнитного поля сердечника из электросети в нагрузку передается только часть мощности, а остальная мощность поступает в нагрузку непосредственно. Вследствие этого габаритная мощность автотрансформатора и размеры его сердечника меньше, чем трансформатора с так же передаваемой мощностью. При этом габаритная мощность автотрансформатора меньше потребляемой от сети мощности.

Рис. 32-16. Включение понижающего автотрансформатора питания в электросети с различными напряжениями.

Iа, Iб, Iг — секции общей обмотки; *III* и *IV* — обмотки накала.

32-9. РАСЧЕТ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

В приводимых ниже формулах приняты следующие обозначения:

$I_а$, $I_б$, $I_в$, $I_г$ — токи секций *Iа, Iб, Iв, Iг* соответственно, *а*;

I_{II} — ток, идущий от автотрансформатора на вентили, *ма*;

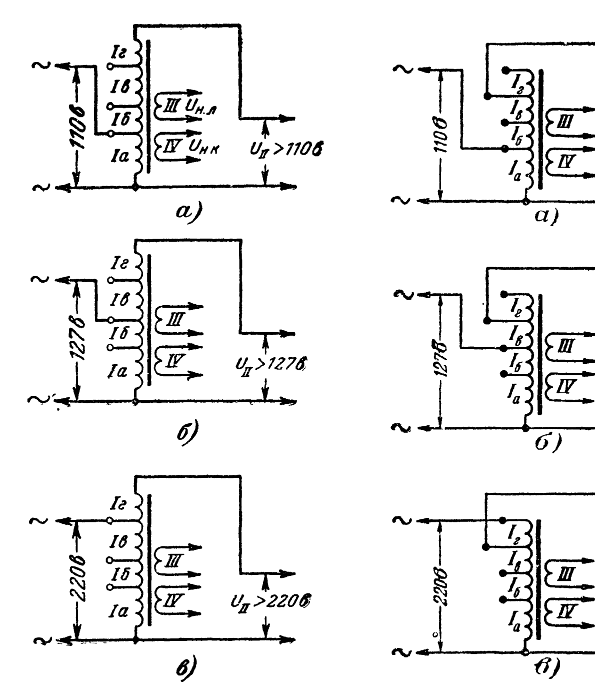


Рис. 32-17. Включение повышающего автотрансформатора питания в электросети с различными напряжениями.

Iа, Iб, Iг, Iд — секции общей обмотки; *III* и *IV* — обмотки накала.

Рис. 32-18. Включение автотрансформатора как повышающего при напряжениях сети 110 и 127 *в* и как понижающего при напряжении 220 *в*.

Обозначения те же, что и на рис. 32-17.

I_{110} — ток, потребляемый от сети напряжением 110 *в*, *а*;
I_{127} — то же от сети 127 *в*, *а*;
I_{220} — то же от сети 220 *в*, *а*;
U_{II} — напряжение, поступающее на вентили, *в*;

$H, I_{н.к}, I_{н.л}, U_{н.к}, U_{н.л}$ см. § 32-5 и 32-7.

Габаритная мощность понижающего автотрансформатора

$$P_{ат} = HI_{II} U_{II} \left(1 - \frac{U_{II}}{U_{сети}}\right) + 1,1\,(I_{н.л} U_{н.л} + I_{н.к} U_{н.к}). \quad (32\text{-}23)$$

повышающего

$$P_{ат} = HI_{II} U_{II} \left(1 - \frac{U_{сети}}{U_{II}}\right) + 1,1\,(I_{н.л} U_{н.л} + I_{н.к} U_{н.к}). \quad (32\text{-}24)$$

При расчете автотрансформатора для полупроводникового выпрямителя произведение $I_{н.к}\ U_{н.к}$ из формул (32-23) и (32-24) нужно исключить.

Расчет основной обмотки по схеме на рис. 32-16. Суммарное число витков секций *Iа*, *Iб*, *Iв* и *Iг* берут из графы «на 220 *в*» табл. 32-4 или 32-5. Отвод на вентили делают от витка, полученного умножением величины, указанной в графе «Число витков первичной обмотки на 1 *в*» той же таблицы, на требуемое напряжение U_{II}. Второй и третий отводы делают от витков, указанных в ее графах «на 110 *в*» и «на 127 *в*». Токи секций вычисляют по формулам:

$$I_а = I_{II} - I_{220};\quad I_а = I_{110} - I_{II}; \tag{32-25}$$

$$I_б = I_{110};\quad I_в = I_{127};\quad I_г = I_{220}. \tag{32-26}$$

Величины I_{110}, I_{127} и I_{220} берут из графика на рис. 32-15.

При расчете диаметра провода секции *Iа* используют бо́льшую из величин тока $I_а$, полученных по формулам (32-25).

Расчет основной обмотки по схеме на рис. 32-17. Суммарное число витков секций *Iа*, *Iб*, *Iв* и *Iг* определяют умножением величины, указанной в графе «Число витков первичной обмотки на 1 *в*» табл. 32-4 или 32-5 на величину требуемого напряжения U_{II}, а отводы делают от витков, указанных в графах «на 110 *в*», на «127 *в*» и «на 220 *в*» той же таблицы. Токи секций вычисляют по формулам:

$$I_а = I_{110} - I_{II};\quad I_б = I_в = I_г = I_{II}. \tag{32-27}$$

Расчет основной обмотки по схеме на рис. 32-18. Суммарное количество витков секций *Iа*, *Iб*, *Iв* и *Iг* берут из графы «на 220 *в*», а отводы делают от витков, указанных в графах «на 110 *в*» и «на 127 *в*» табл. 32-4 или 32-5, а также от витка, полученного путем умножения величины из графы «Число витков первичной обмотки «на 1 *в*» на требуемое напряжение U_{II}. Токи секций вычисляют по формулам:

$$I_а = I_{110} - I_{II};\quad I_а = I_{II}; \tag{32-28}$$

$$I_б = I_в = I_{II};\quad I_б = I_в = I_{220} - I_{II}; \tag{32-29}$$

$$I_г = I_{220}. \tag{32-30}$$

При расчете диаметра провода секций *Iа, Iб, Iв* используют бо́льшие величины из полученных по формулам (32-28) и (32-29).

Числа витков обмоток накала берут из граф «на 6,3 *в*» и «на 5 *в*» соответствующей таблицы.

Диаметры проводов обмоток и их секций во всех случаях определяют, как указано в § 41-2, пользуясь величинами плотности тока из табл. 41-1 или 41-2.

32-10. ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Феррорезонансные стабилизаторы применяют для поддержания напряжения питания сетевых радиоприемников, телевизоров и другой радиоаппаратуры постоянным с точностью до нескольких процентов, если напряжение в электросети существенно изменяется.

Феррорезонансный стабилизатор напряжения переменного тока представляет собой трансформатор особой конструкции, обмотки которого размещены на двух стержнях различного сечения (рис. 32-19). На стержне большего сечения размещается обмотка *I*, к которой подводится напряжение сети. На стержне меньшего сечения расположена обмотка *II*, с части которой *IIа* через последовательно соединенную с нею добавочную (компенсационную) обмотку *III* снимается стабилизированное напряжение на нагрузку. Индуктивность всей обмотки *II* и конденсатор *С* образуют резонансный контур, настроенный на частоту электросети В стабилизаторах применяют

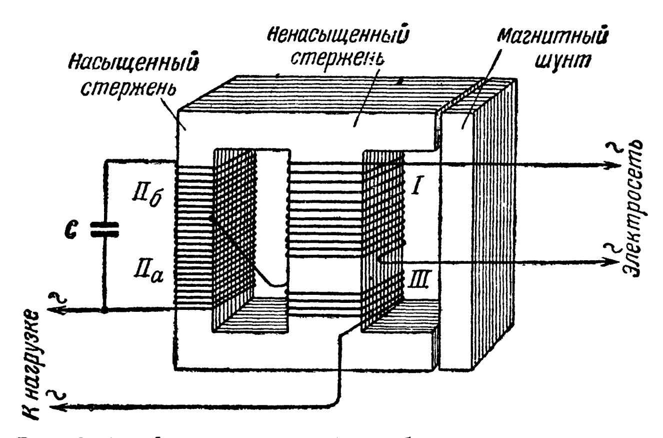


Рис. 32-19. Феррорезонансный стабилизатор напряжения с отдельной компенсационной обмоткой

специально для них предназначенные бумажные конденсаторы типа СН либо стандартные бумажные конденсаторы КБГ-МН.

По первичной обмотке *I* протекает ток, достаточный для насыщения магнитными силовыми линиями стержня малого сечения. Вследствие этого при изменениях тока в обмотке *I*, вызванных изменением напряжения питающей сети, магнитный поток в стержне с обмоткой *II* почти не изменяется; мало изменяется поэтому и напряжение на обмотке *II*. Резонансный контур улучшает стабильность напряжения на этой обмотке.

Обмотка *III*, намотанная на стержне большего сечения и включенная последовательно с обмоткой *II*, дает в нагрузку напряжение, противоположное по фазе напряжению обмотки *II*. Напряжение на нагрузке стабилизатора, равное разности напряжений обмоток *IIа* и *III*, изменяется относительно меньше, чем напряжение в электросети.

Изменяя зазор между сердечником и магнитным шунтом и число витков в резонансном контуре, устанавливают необходимую степень насыщения магнитными силовыми линиями стержня с обмоткой *II* и настраивают в резонанс с частотой сети резонансный контур, чем добиваются наилучшей стабильности выходного напряжения. Вы-

ходное напряжение изменяется не более чем на ±2÷5% от номинальной величины при колебаниях напряжения питающей электросети на ±25÷30%.

Схема, приведенная на рис. 32-19, использована в стабилизаторах СТ-200 и ФР-220. Устройство других стабилизаторов может быть несколько иным, но принцип действия их такой же. Так, например, феррорезонансные стабилизаторы ТСН-170, ТСН-250, СН-250 представляют собой своеобразные автотрансформаторы (рис. 32-20); последовательно со вторичной обмоткой *IIа* включена часть первичной обмотки *Iа*, которая при этом используется вместо компенсационной обмотки *III* на рис. 32-19.

В резонансный контур стабилизатора ТСН-170 добавлен дроссель (включен последовательно с конденсатором *С*), что улучшает стабильность выходного напряжения.

Во всех феррорезонансных стабилизаторах первичная обмотка секционирована, что позволяет включать их в электросети с различными номинальными напряжениями (табл. 32-6).

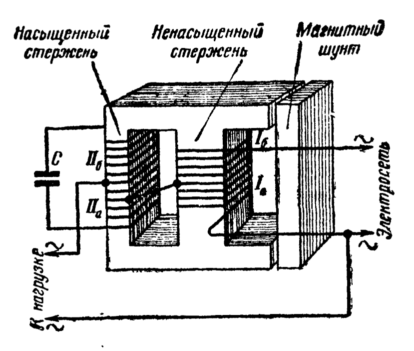


Рис. 32-20. Феррорезонансный стабилизатор напряжения, в котором часть первичной обмотки используется в качестве компенсационной.

Недостатки феррорезонансных стабилизаторов. Форма кривой выходного напряжения стабилизатора значительно искажена; она отличается от синусоидальной, т. е. выходное напряжение содержит высшие гармонические частоты. Для улучшения формы кривой выходного напряжения в некоторых стабилизаторах, например СН-200, параллельно выходным зажимам включен подавляющий высшие гармоники фильтр, состоящий из последовательно соединенных дросселя с сердечником и группы конденсаторов с бумажным диэлектриком.

Работа феррорезонансного стабилизатора ухудшается даже при небольших отклонениях частоты питающей электросети от номинальной 50 *гц*. Поэтому такие стабилизаторы не следует применять в местностях, где частота электросетей непостоянна (например, на сетях с местными электростанциями).

Не следует применять феррорезонансные стабилизаторы для питания аппаратуры с бестрансформаторными выпрямителями, так как при этом постоянная составляющая выпрямленного тока проходит по обмотке *IIа* стабилизатора, нарушая его нормальную работу.

Вблизи феррорезонансных стабилизаторов возникают сильные переменные электромагнитные поля, которые могут создавать помехи радио- и телевизионному приему. Чтобы избежать помех, стабилизаторы следует располагать не ближе 0,5 *м* от радиоприемников и телевизоров.

Основные данные феррорезонансн

Тип стабилизатора	ТСН-170	СНФ-200	СН-200
Номинальная выходная мощность, *вт*	170	165	200
Номинальные входные напряжения, *в*	127, 220	110, 127*, 220	127, 220
Компенсируемые изменения входного напряжения, *в*:			
а) при переключателе в положении 110 *в*	—	70—130	—
б) при переключателе в положении 127 *в* . . .	80—140	80—150	80—140
в) при переключателе в положении 220 *в* . . .	140—240	140—250	140—240
Номинальное стабилизированное выходное напряжение, *в*	220	220	220
Возможные отклонения от номинального выходного напряжения, %	±1	±3	±4
Мощность потерь, *вт*	70	85	50
Размеры стабилизатора, *мм* .	335×135×190		310×165×155

* Стабилизатор СНФ-200 имеет дополнительные положения переключате нения входного напряжения в пределах 90—160 *в* и «180 *в*», при котором комп

Таблица 32-6

стабилизаторов заводского производства

СТ-200	ФР-220	СН-250	ТСН-250	СН-320	УСН-350
200	220	250	250	300	350
127, 220	110, 127, 220	110, 127, 220	110, 127, 220	110, 220	110, 127, 220
—	85—120	70—120	70—120	90—120	70—130
95—140	95—140	80—140	80—140	—	90—150
170—240	170—240	140—240	140—240	175—240	150—260
215	215	220	127	220	127, 220
±5	±5	±5	±2	±4	+4 —8
60	55	70	70		100
310×210××200	160×195××220		325×160××210		165×210××315

напряжения питающей электросети: «160 *в*», при котором компенсируются изме-сируются изменения напряжения в пределах 100—190 *в*,

РАЗДЕЛ 33

ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

33-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Химические источники постоянного тока — гальванические и аккумуляторные батареи, а также термоэлектрогенераторы — применяют для питания радиоаппаратуры, когда нет возможности пользоваться энергией электросетей. Так, например, карманные транзисторные радиоприемники питают от малогабаритных гальванических или аккумуляторных батарей, в неэлектрифицированных местностях приемники питают от гальванических батарей, аккумуляторов или термоэлектрогенераторов. Автомобильные приемники получают энергию от стартерных аккумуляторных батарей автомашин.

Цепи накала ламповых приемников питают от батарей или термоэлектрогенераторов. Начальное напряжение батарей (см. ниже) обычно выбирают несколько больше номинального напряжения накала ламп. Их нити, как правило, соединяют параллельно. От той же батареи можно питать преобразователь напряжения постоянного тока на транзисторах (см. разд. 34).

Цепи анодов и экранирующих сеток ламп батарейных приемников и другой аппаратуры питают одним из следующих способов:

1) от анодной батареи (чаще всего напряжением 45—100 *в*);

2) от высоковольтной секции термоэлектрогенератора;

3) от низковольтной батареи (батареи накала) с применением преобразователя постоянного напряжения, повышающего напряжение до требуемой величины.

33-2. УСТРОЙСТВО ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Гальванический элемент — источник электрической энергии постоянного тока, получаемой в результате происходящих внутри него химических реакций. Он состоит из двух электродов и находящегося между ними электролита — раствора соли, кислоты или щелочи. Положительный электрод — анод — изготовляют из угля или окиси ртути, а отрицательный — катод — из цинка.

Когда внешняя цепь элемента замкнута, на его аноде выделяется водород, который увеличивает внутреннее сопротивление элемента и, следовательно, падение напряжения на нем. Для устранения водорода в элементах применяют деполяризаторы.

Элементы угольно-марганцево-цинковой системы. Из них наиболее распространены сухие стаканчиковые и галетные элементы с марганцевой деполяризацией (рис. 33-1 и 33-2). Аноды у них угольные. Электролит представляет собой густую массу, содержащую раствор нашатыря с примесью хлористого цинка и загустителя (пшеничная или картофельная мука). Деполяризатор, окружающий анод, состоит из смеси перекиси марганца, которая поглощает водород, вступая с ним в химическое соединение, графита и сажи в растворе нашатыря.

В сухих элементах с марганцево-воздушной деполяризацией водород устраняется под действием перекиси марганца и кислорода воздуха. Эти элементы обладают меньшим внутренним сопротивлением и способны давать значительно больший ток, чем элементы таких же размеров с марганцевой деполяризацией.

Для получения большего напряжения или тока по сравнению с напряжением или током, который может дать элемент данного размера, элементы соединяют в батареи. В первом случае применяют

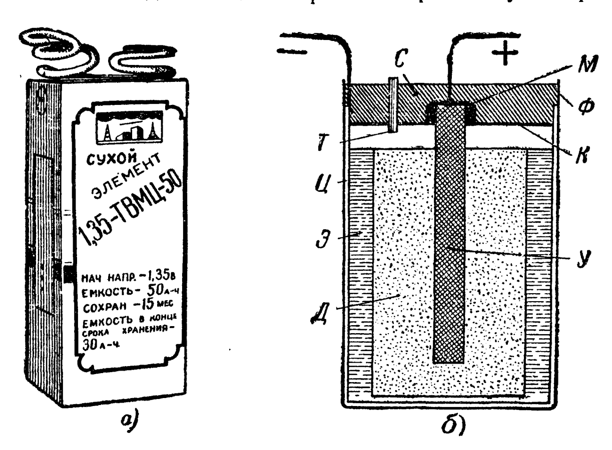


Рис. 33-1. Гальванический сухой элемент стаканчикового типа.

а — общий вид; *б* — схематический разрез.
Д — деполяризатор; *К* — картонная крышка; *М* — медный колпачок; *С* — смолка; *Т* — стеклянная трубочка для отвода газов; *У* — угольный стержень; *Ф* — картонный футляр; *Ц* — цинковая коробка; *Э* — сгущенный электролит.

последовательное соединение элементов, а во втором — параллельное или смешанное (параллельно-последовательное). Последовательное соединение элементов применяют в анодных батареях (для питания цепей анодов и экранирующих сеток электронных ламп), а параллельное и смешанное соединения — в батареях накала. Сухие элементы и батареи угольно-марганцево-цинковой системы заключены в картонные футляры.

Оксидно-ртутные элементы (рис. 33-3). Анодом служит окись ртути, а катодом — цинковый порошок. Их разделяет пористая прокладка (диафрагма), пропитанная щелочным электролитом, который также смачивает массы анода и катода. Все эти составные части элемента заключены в чашкообразный стальной корпус с крышкой из такого же материала, которая изолирована от корпуса уплотняющим резиновым кольцом. Корпус служит выводом анода, а крышка — выводом катода. Резиновое кольцо не допускает просачивания наружу электролита, но позволяет выходить водороду, образующемуся внутри элемента во время его работы. Незначительные следы солей,

появляющиеся у резиновой прокладки, не опасны для окружающих деталей аппаратуры.

Оксидно-ртутные элементы применяют главным образом для питания переносной малогабаритной аппаратуры на транзисторах.

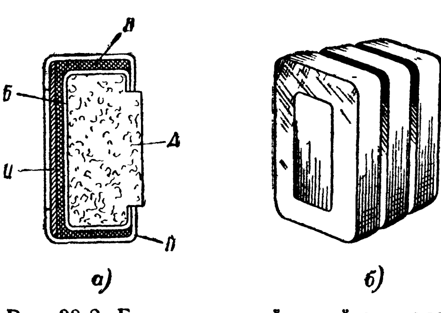


Рис 33-2. Гальванический сухой элемент галетного типа

а — схематический разрез, *б* — сборка галетных элементов в батарею.
Б — бумага; *Д* — деполяризатор — положительный электрод; *К* — картон; *П* — пленка; *Ц* — цинк — отрицательный электрод.

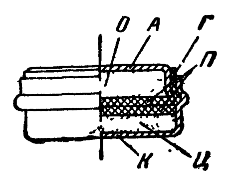


Рис. 33-3. Оксидно-ртутный гальванический элемент.

А — стальная крышка корпуса, *Г* — герметизирующее резиновое кольцо; *К* — стальной корпус, *О* — окись ртути; *П* — пористые прокладки, пропитанные электролитом, *Ц* — цинковый порошок

33-3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Начальное напряжение — напряжение свежеизготовленного, не бывшего в эксплуатации элемента (батареи) при нагрузке его на определенное сопротивление или определенным током, установленным ГОСТ или ТУ на данный элемент (батарею); для элементов различных типов оно равно 1,3—1,6 *в* Начальное напряжение батареи равно начальному напряжению элемента, умноженному на число последовательно включенных элементов. (Элемент или батарея считаются свежеизготовленными в течение 15 суток после выпуска их заводом, дата изготовления обозначается на элементе, батарее)

При увеличении нагрузочного сопротивления или уменьшении тока напряжение элемента или батареи становится больше, а при уменьшении этого сопротивления (при увеличении тока) — меньше. По мере разряда, т. е. по мере израсходования запасенной в них химической энергии, напряжения снижаются.

Начальная э. д. с. — э д с. без нагрузки между выводами свежеизготовленного, не бывшего в употреблении элемента (батареи).

Начальная емкость — гарантируемое заводом-изготовителем количество электричества, которое можно получить от свежеизготовленного элемента или батареи при разряде их в определенном режиме до заданного конечного напряжения в нормальных (комнатных) условиях; она измеряется в ампер-часах (*а-ч*). Режим разряда и конечное напряжение устанавливаются ГОСТ или ТУ на элементы (батареи). Для сухих элементов угольно-марганцево-цинковой системы различных типов конечное напряжение 0,7—1 *в*; для оксидно-ртут-

ных — около 1 *в*; для батарей оно равно конечному напряжению одного элемента, умноженному на число последовательно соединенных элементов.

Емкость обычно обусловливается для режима непрерывного разряда элемента (батареи) на определенное сопротивление нагрузки или определенным током, пока напряжение не сделается равным конечному. Если элемент (батарею) разряжать меньшим током (на большее сопротивление) с перерывами либо до меньшего напряжения, он может отдать бо́льшую емкость. Однако при разряде очень малым током вследствие явления саморазряда, емкость меньше. Увеличение разрядного тока, наоборот, ведет к уменьшению емкости. При понижении температуры емкость также снижается.

Сохранность (срок сохранности) — время со дня выпуска элемента (батареи) заводом, в течение которого, находясь в бездействующем состоянии, он сохраняет работоспособность и после этого может отдать определенную емкость (всегда меньше начальной).

33-4. ОБОЗНАЧЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Первые прописные буквы в наименовании типа элемента или батареи угольно-марганцево-цинковой системы указывают на их назначение (табл. 33-1):

А — батарея Анодная;
АН — батарея Анодная и Накальная;
АНС — батарея Анодная, Накальная и Сеточная;
АС — батарея Анодная и Сеточная;
Н — элемент или батарея Накальная;
П — элемент или батарея для питания Приборов различного назначения;
С — батарея Сеточная;
СА — батарея для Слухового аппарата Анодная;
СН — элемент (батарея) для Слухового аппарата Накальная;
Т — элемент для Телефонной аппаратуры (применим для питания накала);
Ф — элемент или батарея Фонарная;
Э — батарея для Электронной фотовспышки.

Следующие буквы указывают конструктивные данные элемента или батареи:

ВМЦ (или В) — Воздушно-Марганцевая деполяризация, Цинковый катод (катоды);
МЦ — Марганцевая деполяризация, Цинковый катод (катоды), стаканчиковая конструкция;
МЦГ — то же Галетная конструкция.

После прописных букв название может содержать букву «х», указывающую, что элемент (батарея) работоспособен при отрицательных температурах, или букву «у», указывающую, что это «универсальный» элемент (батарея) в том смысле, что его можно применять в широком диапазоне температур.

Число в начале названия указывает начальное напряжение элемента или батареи в вольтах, а число после букв — начальную емкость в ампер-часах или продолжительность работы в часах или ми-

Название[1] элемента или батареи	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Продолжительность работы свежеизготовленного изделия,	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, *а·ч*
Элементы					
1,3-ФМЦ-0,25 (ФБС-0,25)[2]	1,3	0,25	—	4	0,17
1,5-СНМЦ-0,6 (КБ-СА) „Накал—Слух"	1,5	0,6	12	6	0,4
1,6-ПМЦ-Х-1 (КБ-1)	1,6	1,05	—	8	—
1,58-СНМЦ-2,5п (НС-СА) „Накал—Звук"[3]	1,58	2,5	20	10	2,0
1,6-ФМЦ-у-3,2 (1КС-у-3) „Сатурн"[4]	1,6	3,2	32	12	2,6
1,6-ПМЦ-у-3,2	1,6	3,2	32	12	2,6
1,46-ТМЦ-7,5 (2КС-л-8)	1,46	7,5	—	12	7
1,6-ТМЦ-у-8 (2КС-у-8)	1,6	8,0	—	12	7,5
1,6-ПМЦ-у-8 (2С-у-8)	1,6	8,0	80	12	—
1,48-ПМЦ-9 (2С-л-9)	1,48	9,0	80	12	6
1,5-ТМЦ-29,5 (3С-л-30)	1,5	29,5	280	18	22
1,66-ТМЦ-у-28 (3С-у-30)	1,66	28	280	18	23
1,35-ТВМЦ-50 (3С-МВД)	1,35	45	520	15	30
1,5-СТМЦ-60ч „Кристалл"[5]	1,5	—	60	6	—
1,3-НВМЦ-150 (6С-МВД)	1,3	150	700	15	80
Батареи					
1,46-НМЦ-60ч "Накал-Воронеж"[6] .	1,46	—	60	12	—
1,3-НВМЦ-75 „Прибой"	1,3	75	300	12	40
1,3-НВМЦ-250 „Волна"	1,3	250	1 000	15	150
1,28-НВМЦ-525 (БНС-МВД 500) „Девиз"[7]	1,28	525	1 100	15	315
1,28-НВМЦ-525п (БНС-МВД-400) „Экран"[8]	1,28	525	1 100	15	315
3-ФМЦ-20м „Свет"	2,6	—	0,33	3	—
3,7-ФМЦ-0,5 (КБС-л-0,50)	3,7	0,5	2	6	0,27
4,1-ФМЦ-0,7 (КБС-х-0,7)	4,1	0,7	3	8	0,38
4,2-САМЦ-1,0 (БГ-4,5)	4,2	1,0	—	6	0,7
5,6-НМЦГ-22ч „Рассвет"	5,6	—	22	8	—
„Крона"	9	0,01	15	12	—
49-САМЦГ-0,25п (ГБ-СА-45) „Анод-Звук"[3]	49	0,25	100	8	0,15
67,5-АМЦГ-у-0,06 „Малыш"	67,5	0,06	10	6	—
68-АМЦ-х-0,6 (БАС-60-х-0,6) . . .	68	0,6	—	12	0,4

угольно-марганцево-цинковой системы

Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда		Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
	Сопротивление нагрузки, *ом*	Конечное напряжение, *в*			
		Элементы			
—	—	0,6	∅21,1×37,5	0,022	Стаканчиковая
8	2,5	1,0	∅20×59,5	0,04	»
—	117	1,0	∅21×60	0,045	»
15	10	1,0	∅36×101	0,16	»
26	10	0,7	∅34×64	0,105	»
26	10	0,7	∅34×75	0,15	»
—	10	0,7	∅40,5×112	0,3	»
—	10	0,7	∅40,5×112	0,3	»
—	10	0,7	42×42×102	0,3	»
60	10	0,7	42×42×102	0,3	»
200	10	0,7	57×57×132	0,7	»
230	10	0,7	57×57×132	0,7	»
300	10	0,7	57×57×132	0,6	»
—	200	1,0	∅60×50	0,025	»
450	5	0,7	82×82×176	1,7	»
		Батареи			
45	3,0	0,9	180×45×105	1,3	Стаканчиковая
160	4,5	0,95	162×57×131	2,0	»
600	4,5	0,95	228×80×170	5,0	»
675	2,0	0,8	160×160×185	6,5	»
675	2,0	0,8	160×160×185	6,5	»
—	10	1,4	33×16×56	—	»
1,3	10	2,0	63×22×67	0,16	»
2	10	2,0	63×22×67	0,16	»
—	10	2,0	102×37×81	0,4	»
16	75	3,8	80×50×57	0,34	Галетная
—	—	5,6	26×21×49	—	»
70	25 000	30	80×35×100	0,25	»
—	10 300	48	62×38×67	0,25	»
—	4 680	40	174×112×50	1,3	Стаканчиковая

Название[1] элемента или батареи	Начальное напряжение, в	Начальная емкость, а ч	Продолжительность работы свежеизготовленного изделия, ч	Гарантийная сохранность, мес.	Емкость в конце срока хранения, а ч
70-АМЦГ-у-1,3 (БАС-Г-60-у-1,3) . .	70	1,3	120	15	1,05
70-АМЦГ-1,3 (БАС-Г-60-л-1,3) . .	70	1,3	120	15	1,05
70-АМЦГ-5 (БС-Г-70) „Дружба"[7] .	70	5,0	120	15	3,5
75-АМЦГ-22ч „Радуга"[9]	75	—	22	8	—
80-АМЦГ-0,15 (ГБ-70)	80	0,15	—	6	—
87-ПМЦГ-0,15 (ГБ-80)	87	0,15	—	12	—
87-ПМЦГ-у-0,15	87	0,15	70	12	—
100-АМЦГ-0,7 (БАС-Г-80-л-0,8) . .	100	0,7	66	15	0,57
100-АМЦГ-2,0 (БАС-Г-80-л-2,1) . .	100	2,0	—	15	1,6
100-АМЦГ-у-2,0 (БАС-Г-80-у-2,1) .	100	2,0	180	15	1,6
102-АМЦ-у-1,0 (БАС-80-у-1,0) . . .	102	1,0	95	15	0,75
102-АМЦ-х-1,0 (БАС-80-х-1,0) . . .	102	1,0	—	15	0,7
102-АМЦГ-1,2 (БАС-Г-90)	102	1,2	—	12	0,85
120-АМЦГ-0,27 (БАС-Г-120)	120	0,27	—	6	0,2
120-ПМЦГ-0,15 (ГБ-120)	120	0,15	—	6	0,1
160-АМЦГ-0,35 (БАС-Г-160) . . .	160	0,35	—	6	0,24
54-АСМЦГ-5п (БС-Г-60-с-8) „Энергия"[8]:					
анодная секция	54	5	120	15	3,5
сеточная секция	4	5	120	15	3,5
65-АНМЦ-1,3п (Тула) „Тула—Заря"[10]:					
анодная секция	65	1,3	120	15	0,95
накальная секция	2,5	29,5	280	15	22
70-АНВ-275ч „Электрон"[11]:					
анодная секция	70	—	275	12	—
накальная секция	5,2	—	275	12	—
117-АНСМЦ-18ч (БАНСС-18):					
анодная секция	117	—	27	6	—
накальная секция	2,95	—	18	6	—
123-АСМЦГ-60ч (БАС-Г-120-с-0,45) „Воронеж"[6]:					
анодная секция	123	—	60	12	—
сеточная секция	12,8	—	60	12	—

[1] Первым указано название элемента или батареи по Государственному стан-
[2] Элемент для цилиндрического карманного фонаря; емкость определяется
[3] Основное назначение — питание слуховых аппаратов того же названия.
[4] Входит в комплект питания приемников «Турист» и «Малыш».
[5] Основное назначение — питание слухового аппарата «Кристалл».
[6] Основное назначение — питание приемника «Воронеж».
[7] Основное назначение — питание радиоприемника «Родина-47»
[8] Основное назначение — питание радиоприемников «Родина-52», «Искра-49»
[9] Основное назначение — питание приемника «Дорожный» в походном состоя-
[10] Основное назначение — питание приемников «Тула», «Заря» и «Луч».
[11] Основное назначение — питание радиоприемника «Дорожный» в стацио-

Продолжительность работы в конце срока хранения, *ч*	Условия разряда: Сопротивление нагрузки, *ом*	Условия разряда: Конечное напряжение, *в*	Длина, ширина (или диаметр) и высота не более, *мм*	Вес не более, *кг*	Конструкция элементов
90	4 680	40	174×112×50	1,6	Галетная
90	4 680	40	174×112×50	1,6	»
80	1 000	35	155×155×215	8,5	»
16	8 000	45	95×40×70	0,36	»
—	30 000	50	77×53×80	0,4	»
—	28 000	50	74×26×150	0,45	»
—	28 000	50	73×25×150	0,45	»
54	7 000	60	174×117×53	1,7	»
—	7 000	60	218×138×73	3,35	»
150	7 000	60	218×138×73	3,35	»
68	7 000	60	218×138×73	3,0	Стаканчиковая
—	7 000	60	218×138×73	3,0	»
—	7 000	60	185×145×59	2,5	Галетная
—	8 750	56	240×94×40	1,3	»
—	49 000	75	174×26×84	0,47	»
—	11 700	100	109×77×144	1,8	»
			225×85×235	7,5	
80	800	27			»
80	60	2,0			»
			125×120×190		
80	4 680	40			»
200	20	1,4			Стаканчиковая
			235×120×150	5,2	
200	8 000	45			Галетная
200	75	3,8			Стаканчиковая
			116×52×140	1,2	
20	17 300	71			Галетная
12	17,3	2,24			Стаканчиковая
			280×53×85	1,65	
45	9 000	65			Галетная
45	940	7,0			»

дарту, в скобках — старое название, а в кавычках — торговое.
в режиме непрерывного разряда током 150 *ма*.

и «Новь».
нии; батарея применяется так же, как анодная для питания приемника «Турист».

нарном состоянии.

Таблица 33-2

Оксидно-ртутные гальванические элементы
Начальное напряжение 1,25 *в*, конечное 0,96 *в*

Тип элемента	ОР-1	ОР-2	ОР-3	ОР-4
Номинальная емкость, *а·ч*	0,6	1,1	1,8	2,8
Номинальный разрядный ток, *ма*	10	20	35	50
Сохранность, мес.	18	18	18	18
Диаметр, *мм*	15,6	21,0	25,5	30,1
Высота, *мм*	12,5	13,0	13,5	14,0
Тип элемента	**ОР-1к**	**ОР-2к**	**ОР-3к**	**ОР-4к**
Номинальная емкость, *а·ч*	0,2	0,5	1,0	1,6
Номинальный разрядный ток, *ма*	10	20	35	50
Сохранность, мес.	9	12	12	12
Диаметр, *мм*	15,6	21,0	25,5	30,1
Высота, *мм*	6,3	7,4	8,4	9,4

нутах при разряде на сопротивление определенной величины до конечного напряжения; в последних случаях после числа имеется буква «ч» или «м» соответственно. Число в наименовании анодно-накальной, анодно-сеточной или анодно-накально-сеточной батареи характеризует только анодную часть ее.

Если в конце наименования батареи имеется буква «п», то это значит, что она имеет панельку с гнездами, к которым выведены полюсы батареи. На элементах и батареях, кроме того, обозначаются их «торговые» названия («Сатурн», «Экран» и т. п.).

Наименование оксидно-ртутного элемента состоит из букв ОР и условного номера типа (табл. 33-2).

33-5. УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРОВ

Аккумулятор — прибор, способный накапливать электроэнергию, полученную от другого источника постоянного тока, а затем отдавать ее потребителю (нагрузке).

Элемент аккумулятора состоит из наполненного электролитом сосуда, в котором находятся отделенные друг от друга содержащие активную массу положительные и отрицательные пластины — электроды (анод и катод). Между пластинами помещают сепараторы — неметаллические прокладки, исключающие возможность соприкосновения пластин.

От действия постоянного тока, проходящего через аккумуляторный элемент от внешнего источника (выпрямителя, электрического генератора), изменяется химический состав активной массы пластин и между ними возникает э. д. с., сохраняющаяся и после отключения аккумулятора от внешнего источника тока. Пропускание электрического тока через аккумулятор, сопровождающееся переходом электрической энергии в химическую, называется **зарядом** аккумулятора.

Если выводы от положительных и отрицательных пластин заряженного аккумулятора замкнуть на нагрузку, то по цепи пойдет ток. При этом запасенная аккумулятором химическая энергия снова преобразуется в электрическую, последняя поступает во внешнюю цепь — происходит **разряд** аккумулятора. При этом он отдает не всю энергию, затраченную на его заряд, так как часть энергии бесполезно теряется внутри аккумулятора. После подключения нагрузки напряжение аккумулятора быстро снижается, затем в течение относительно длительного времени остается почти неизменным и к концу разряда снова начинает быстро уменьшаться. Нельзя допускать разряда аккумулятора ниже определенного напряжения, которое для каждого типа аккумулятора имеет определенную величину (табл. 33-3).

Названия аккумуляторных батарей состоят из букв и чисел. Буквы характеризуют назначение и основные конструктивные особенности батареи:

А — Анодная;
Н — Накальная;
Ф — Фонарная;
Р — для питания Радиоаппаратуры кислотная;
Д — кадмиево-никелевая из Дисковых элементов;
КН — Кадмиево-Никелевая из прямоугольных элементов;
КНЦ — то же из безламельных элементов;
ЦНК — Кадмиево-Никелевая из Цилиндрических элементов;
ЖН — Железо-Никелевая из прямоугольных элементов;
НЦ — Никель-Цинковая;
СЦ — Серебряно-Цинковая;
СТ — Стартерная автомобильная кислотная;
МТ, МТМ — Мотоциклетная кислотная.

Число, стоящее впереди букв, указывает количество последовательно соединенных элементов, а число после букв — номинальную емкость батареи в ампер-часах.

Система обозначения аккумуляторных элементов такая же, только в наименовании нет первого числа.

Кадмиево-никелевые аккумуляторы (щелочные). Активной массой положительных пластин является водная окись никеля, в которую добавлен для улучшения электропроводности графит, а активная масса отрицательных пластин — смесь губчатого кадмия, губчатого железа и их окислов. Электролит — раствор едкого кали плотностью 1,19—1,21 с добавкой 15 *г/л* едкого лития.

Дисковый аккумулятор типа Д. Собран в герметичном стальном никелированном корпусе с изолированной от него крышкой из такого же материала (рис. 33-4 и табл. 33-4). Корпус является положительным, а крышка — отрицательным полюсом аккумуляторного элемента. Из двух элементов такой конструкции, соединенных после-

Таблица 33-3

Основные данные аккумуляторов

Типы аккумуляторов	Щелочные						Кислотные			
	Д, ЦНК	КН (АКН, НКН)	ЖН	КНБ	НЦ	СЦ	РН	РА	СТ (СТЭ, СТП)	МТ, ММТ
Номинальное разрядное напряжение, *в** . . .	1,25	1,25	1,25	1,25	1,6	1,5—1,6	2,0	2,0	2,0	2,0
Конечное разрядное напряжение, *в** . . .	0,96	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	1,8	1,7	1,7
Нормальный разрядный ток, *а***	$\frac{Q^{***}}{10}$	$\frac{Q^{****}}{8}$	$\frac{Q^{****}}{8}$	$\frac{Q}{3\div 5}$	$\frac{Q}{8}$	До $(12\div 14)\,Q$	$\frac{Q^{***}}{10}$	$\frac{Q^{***}}{10}$	$\frac{Q^{***}}{10}$	$\frac{Q^{***}}{12\div 14}$
Нормальный зарядный ток, *а***	$\frac{Q}{10}$	$\frac{Q}{4}$	$\frac{Q}{4}$	$\frac{Q}{3-5}$	$\frac{Q}{4}$	$\frac{Q}{8\div 15}$	$\frac{Q}{10}$	$\frac{Q}{10}$	$\frac{Q}{10\div 14}$	$\frac{Q}{10\div 14}$
Время заряда нормальным током, *ч*	15	6—7	6—7	5—10	6—7	5—20	12—15	12—15	14—18	14—18
Напряжение в конце заряда, *в**	1,75—1,9	1,7—1,85	1,7—1,85	1,7—1,85	2,05—2,10	2,40—2,50	2,65—2,78	2,65—2,78	2,65—2,78	2,65—2,78
Саморазряд за 1 мес, %	30—40	30	100	30	30	3—4	40—50	40—60	40—50	
Средний срок службы циклов заряд—разряд	400—500	750—800	400	150	50	300—500	150—300	150—300	150—300	

* На 1 элемент.
** Q — номинальная емкость аккумулятора.
*** 10-часовой режим разряда
**** 8-часовой режим разряда.

Таблица 33-4

Малогабаритные кадмиево-никелевые аккумуляторные элементы

Тип элемента	Номинальная емкость, *а·ч*	Нормальный зарядный ток, *ма*	Габаритные размеры, *мм*	Вес, *г*
		Дисковые		
Д-0,06	0,06	6	⌀15,6×6,5	3,6
Д-0,07	0,07	7	⌀16,8×8,0	4,8
Д-0,1	0,1	10	⌀20,0×7,2	4,9
Д-0,2	0,2	20	⌀27,0×10,2	14,2
		Цилиндрические		
ЦНК-0,2	0,2	20	⌀16,0×24,5	15,0
ЦНК-0,45	0,45	45	⌀14,0×50,0	21,0
ЦНК-0,85	0,85	85	⌀14,0×90,6	41,0

довательно с помощью сварки, образуется батарея 2Д-0,2, а из семи последовательно соединенных и заключенных в пластмассовый корпус элементов — батарея 7Д-0,1. Эти элементы и батареи применяют в переносных транзисторных приемниках и слуховых аппаратах.

А Д П Г

Н С О Л

Рис. 33-4. Дисковый кадмиево - никелевый аккумуляторный элемент.

А — крышка корпуса; *Г* — герметизирующее изоляционное кольцо; *Д* — пружина; *К* — корпус; *Л* — сетка; *О* — положительная пластина; *П* — отрицательная пластина; *С* — сепаратор.

Аккумуляторы типа КН. Положительные и отрицательные пластины представляют собой ламели — плоские пакеты из листовой никелированной перфорированной стали, внутри которых находится активная масса. Корпус у каждого элемента индивидуальной прямоугольной формы из никелированной стали сварной. На его верхней стенке расположены выводные полюсные зажимы и отверстия с вентильными пробками для выхода газов.

Аккумуляторы типа КНБ. Положительные и отрицательные пластины представляют собой стальные рамки, на которые напрессована с последующим спеканием при высокой температуре активная масса. Элементы собирают по 2—4 шт. в батареи в пластмассовых сосудах с перегородками (моноблоки).

Аккумуляторы типа ЦНК. Пластины каждого элемента заключены в цилиндрический герметичный корпус из никелированной стали с пластмассовой крышкой, на которой расположен вывод электрода. Элементы собирают в батареи в корпусах из органического стекла. Применяются они для питания аппаратуры на транзисторах.

Никель-цинковые (щелочные) аккумуляторы. Положительные пластины — брикеты, спрессованные из порошка карбонильного никеля с последующим спеканием при высокой температуре (пористая металлокерамика); они пропитаны гидратом закиси никеля и заключены в капроновые чехлы. Отрицательные пластины — брикеты, спрессованные из порошкообразной смеси цинка и окиси его; они заключены в целлофановую обертку. Электролит — раствор едкого кали плотностью 1,2 с добавкой 15 *г/л* едкого лития. Сосуд (корпус) из пластмассы.

Серебряно-цинковые (щелочные) аккумуляторы. Положительные пластины изготовлены из чистого серебра и обернуты капроновой тканью, а отрицательные представляют собой брикеты, спрессованные из порошкообразной смеси цинка и окиси его; последние помещены в пакеты из пластмассы, проницаемой для электролита — едкого кали плотностью 1,4 с добавкой 80 *г/л* окиси цинка. Сосуд (корпус) из полупрозрачной пластмассы. Эти аккумуляторы в 4—5 раз легче щелочных и кислотных при той же емкости и позволяют получать от них кратковременно очень большие разрядные токи.

Свинцовые (кислотные) аккумуляторы. Пластины — свинцовые решетки; в положительные вмазана перекись свинца, отрицательные содержат губчатый металлический свинец. Электролит — раствор серной кислоты; при заливке аккумулятора плотность его 1,21—1,24 в зависимости от типа аккумулятора. К концу заряда аккумулятора плотность электролита повышается до 1,24—1,28. Сосуд (корпус) эбонитовый или пластмассовый, у батареи — общий с перегородками между элементами (моноблок).

33-6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АККУМУЛЯТОРОВ

Номинальное разрядное напряжение,— условная величина, близкая к величине напряжения на зажимах аккумулятора в течение большей части времени разряда его (табл. 33-3).

Конечное разрядное напряжение — напряжение на зажимах аккумулятора, при достижении которого дальнейший разряд аккумулятора должен быть прекращен во избежание ухудшения его параметров.

Номинальная емкость — количество электричества, которое может отдать полностью заряженный аккумулятор при разряде его нормальным разрядным током до конечного разрядного напряжения; она измеряется в ампер-часах (*а·ч*).

Нормальный разрядный ток — ток, принятый для определения номинальной емкости аккумулятора. При разряде аккумулятора током меньше нормального емкость его больше номинальной (рис. 33-5). Однако если аккумулятор разряжать с большими перерывами в течение длительного времени, он отдаст емкость меньше номинальной даже в тех случаях, когда разрядный ток равен нормальному или меньше его. Последнее объясняется саморазрядом аккумулятора.

Нормальный зарядный ток — наивыгоднейший зарядный ток (табл. 33-3). При заряде аккумулятора током больше нормального емкость его меньше номинальной.

Саморазряд — потери энергии заряженного аккумулятора, находящегося в бездействии.

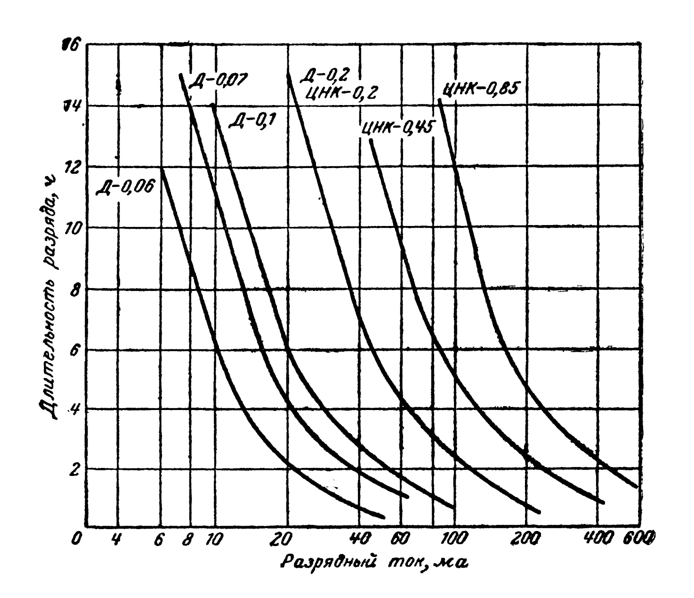


Рис. 33-5. Зависимость между разрядным током и длительностью разряда кадмиево-никелевых малогабаритных аккумуляторных элементов типов Д и ЦНК и батарей из таких элементов, соединенных последовательно.

33-7. ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Термоэлектрическими генераторами (термоэлектрогенераторами) называют приборы, непосредственно преобразующие тепловую энергию в электрическую. Источниками тепловой энергии в термоэлектрогенераторах для питания радиоаппаратуры обычно являются керосиновые лампы или керогазы.

Принцип действия. В термоэлектрогенераторе используется термоэлектрический эффект, сущность которого заключается в следующем. Если спаять два куска различных проводников или полупроводников (электроды) и место спая нагреть, между свободными концами электродов, имеющих более низкую температуру, чем спай, возникает термо-э. д. с. При замыкании этих концов во внешней цепи появляется электрический ток. Величины термо-э. д. с. тем больше, чем больше разность температур места спая и свободных концов. Следовательно, для увеличения термо-э. д. с. необходимо хорошо охлаждать свободные концы электродов. Описанное устройство носит название термопары или термоэлемента.

В термоэлектрогенераторах применяют батареи, составленные из большого количества термоэлементов, так как термо-э. д. с. одного термоэлемента не превышает сотых долей вольта. Четные (нечетные) спаи нагревают, а с нечетных (четных) обеспечивают эффективный отвод тепла.

Термоэлектрогенератор типа ТГК 2-2 (рис. 33-6) предназначается для питания приемников «Родина-52», «Новь», «Искра», «Воронеж» или аналогичного им по потребляемой энергии. Источник тепла — керосиновая лампа «Молния» с укороченным стеклом. Внутрь него входит нагреватель термоэлементов в форме 14-гранной металлической призмы. Продукты горения лампы (горючие газы) прохо-

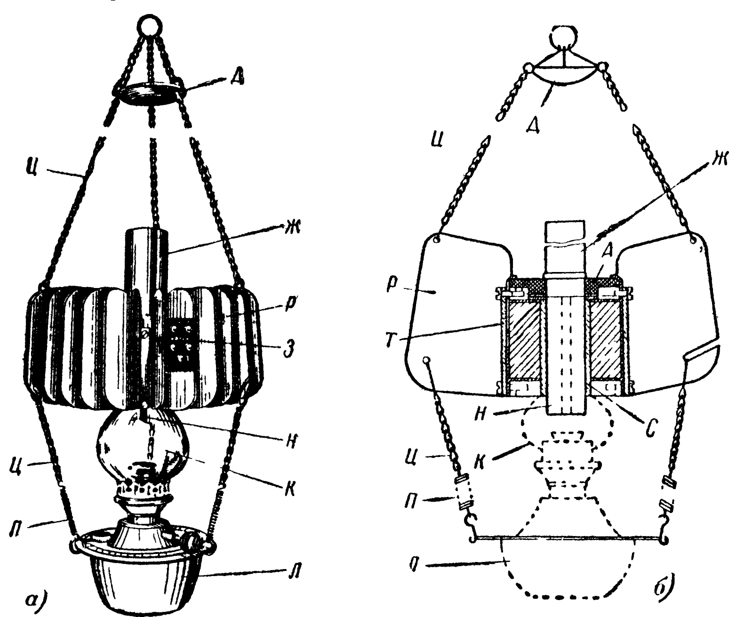


Рис. 33-6. Термоэлектрогенератор.

а — общий вид. *б* — схематический разрез.
А — асбестовое кольцо, *Д* — рассеивающий тепло металлический диск; *Ж* — жестяная труба; *З* — панель с выводными зажимами термобатарей; *К* — стеклянная укороченная колба; *Л* — лампа «Молния»; *Н* — нагреватель термоэлементов, *П* — пружина; *Р* — радиатор, *С* — слюдяные прокладки; *Т* — термоэлементы; *Ц* — цепочка для подвески термоэлектрогенератора.

дят через сквозные вертикальные каналы нагревателя снизу вверх и далее через вытяжную трубу

Положительные электроды термоэлементов — параллелепипеды из сурмяно-цинкового сплава. Отрицательные электроды из константановой проволоки (сплав меди и никеля); концы их заделаны у оснований параллелепипедов Блоки термоэлементов прижаты к граням нагревателя через слюдяные прокладки Внутренние спаи нагреваются до высокой температуры (около 400° С), а наружные охлаждаются с помощью металлического радиатора с ребрами.

Термоэлементы соединены в батареи, полюсы которых подведены к зажимам на радиаторе. Одна из батарей дает напряжение 1—1,4 *в* при токе 0,3—0,21 *а* для накала ламп приемника, другая — на-

пряжение 80—100 *в* при токе 11—10 *ма* для питания цепей анодов и экранирующих сеток и третья — напряжение смещения на управляющие сетки 8—10 *в*. Термоэлектрогенератор расходует в час 70—80 *г* керосина; одной заправки лампы хватает на 10—12 *ч* работы.

РАЗДЕЛ 34

ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

34-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Транзисторные преобразователи применяют для питания цепей анодов и экранирующих сеток ламп от батарей напряжением 6—26 *в* и в других случаях, когда от источников постоянного тока низкого напряжения нужно получить более высокие напряжения постоянного тока.

Напряжение батареи при помощи автогенератора на одном или нескольких транзисторах преобразуется в переменное напряжение большей величины, которое затем выпрямляется полупроводниковым диодом (диодами). Пульсации выпрямленного напряжения уменьшаются сглаживающим фильтром.

Транзисторы в таких преобразователях работают в режиме переключения; переход их из состояния «заперт» в состояние «отперт» и обратно происходит периодически с частотой в несколько сотен или тысяч раз в секунду от действия сигнала, поступающего в цепь базы по цепи обратной связи автогенератора.

34-2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С АВТОГЕНЕРАТОРОМ ПО ОДНОТАКТНОЙ СХЕМЕ

Преобразователь с автогенератором по однотактной схеме (рис. 34-1) применяют, когда нужно иметь повышенное напряжение постоянного тока мощностью не более 1 *вт*. При переходе транзи-

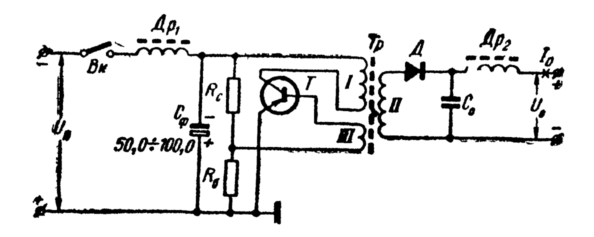


Рис. 34-1. Схема транзисторного преобразователя напряжения с однотактным автогенератором и однополупериодным выпрямителем.

стора из состояния «заперт» в состояние «отперт» (см. § 38-8) ток коллектора в обмотке *I* трансформатора резко увеличивается, индуцируя э. д. с. в обмотке *II*, а при переключении транзистора в обратном направлении, когда ток коллектора уменьшается, в обмотке *II* индуцируется э. д. с. противоположного направления. Получаемое таким образом на обмотке *II* переменное напряжение выпрямляется выпрямителем по однополупериодной схеме на диоде *Д*. С делителя напряжения из резисторов $R_б$ и $R_с$ через обмотку обратной связи *III* на базу транзистора подается начальное смещение, облегчающее возникновение колебаний автогенератора при включении питающей батареи напряжением $U_Б$.

Высокочастотные дроссели $Др_1$ и $Др_2$ снижают помехи радиоприему, создаваемые преобразователем.

34-3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С АВТОГЕНЕРАТОРОМ ПО ДВУХТАКТНОЙ СХЕМЕ

Такие преобразователи с автогенератором по двухтактной схеме применяют при мощностях до десятков ватт и более.

Когда транзистор одного плеча (рис. 34-2) переключается из состояния «заперт» в состояние «отперт», транзистор другого плеча переключается в обратном направлении. Так как токи коллекторов транзисторов проходят по половинкам обмотки *I* в противоположных направлениях, оба эти процесса индуцируют в обмотке *II* э. д. с. одного направления, т. е. трансформатор каждый раз как бы суммирует эти процессы. Полученное на обмотке *II* переменное напряжение подается на выпрямитель *М*, собранный по мостовой схеме на диодах (можно собрать его и по схеме с удвоением напряжения).

Для увеличения отдаваемой мощности в каждое плечо автогенератора включают по два транзистора (показано на схеме пунктиром) или большее количество их.

Схема на рис. 34-2, *б* более удобна для конструктивного выполнения, так как коллекторы транзисторов здесь электрически соединены и поэтому их можно монтировать на общем радиаторе (шасси), не изолируя друг от друга и от радиатора.

34-4. РАСЧЕТ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Конструкции трансформаторов. Сердечник трансформатора может быть выполнен из электротехнической стали, пермаллоя или феррита. В последнем случае можно получить частоту переключения *F* порядка нескольких тысяч в секунду; при этом конденсаторы сглаживающего фильтра могут иметь меньшие емкости.

Намотку обеих половинок обмотки *I* трансформатора по схеме на рис. 34-2 производят одновременно, т. е. проводом, сложенным вдвое. Средняя точка обмотки образуется соединением начала одного провода с концом другого.

Расчет трансформатора. Для получения заданного выпрямленного напряжения U_0 при напряжении батареи $U_Б$ число витков обмотки *II* определяют по формуле

$$w_{II} = Kw_I \frac{U_0}{U_Б}. \qquad (34\text{-}1)$$

Коэффициент $K=0,33$ для преобразователя по схеме на рис. 34-1 и $K=0,55$ для преобразователей по схемам на рис. 34-2.

Диаметр провода обмотки II определяют, как указано в § 41-2, принимая $I = P_0/U_0$. Величины P_0 и w_I берут из табл. 34-1.

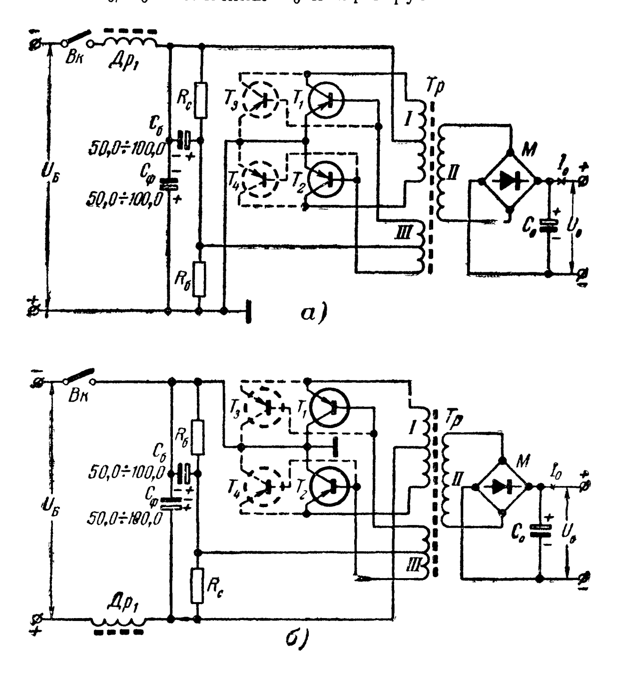


Рис. 34-2. Схемы транзисторных преобразователей напряжения с двухтактными автогенераторами и выпрямителями по мостовой схеме.

При замене в схемах на рис. 34-2 выпрямителя по мостовой схеме выпрямителем с удвоением напряжения (рис. 32-4 или 32-5) число витков w_{II} должно быть вдвое меньше, а диаметр провода обмотки II в 1,4 раза больше.

Расчет выпрямителя. Число диодов в выпрямителе определяют, как указано в § 32-5, принимая $U_{II}=U_0$.

Чтобы коэффициент пульсации напряжения (см. § 32-5) не превышал заданной величины p_0 на конденсаторе C_0, он должен иметь емкость не менее

$$C_0 = \frac{MI_0}{p_0FU_0}, \qquad (34\text{-}2)$$

где $M=40\,000$ для схемы на рис. 32-1 и $M=16\,000$ для схем на рис. 34-2.

Таблица 34-1

Данные преобразователей напряжения на транзисторах[1]

Схема по рис.	34-1	34-2,*а*		34-2, *б*	34-2, *а*	
Количество и тип транзисторов	1 шт. П 40 (П 14)	2 шт. П 4 Б		2 шт. П 4 Б	4 шт. П 4 Б	
$P_0=U_0I_0$, *вт*		10—14		40—50	80—100	
$U_Б$, *в*	6	12,6		12,6	12,6	26
$R_с$, *ом*	4 700—5 100	1 000—1 200		270—330	2 400—3 000	
$R_б$, *ом*	180—220	10—15		7,5	5	
		Трансформатор				
Сердечник:						
а) материал	Феррит 600 НН	Феррит 2 000НН	Пластины из электротехнической стали		Феррит 600НН	
б) размер, *мм*	Чашка ∅29, $h=13$	Ш7×7	Ш9×18	Ш20×20	Из четырех П-образных сердечников[2]	
Обмотки:						
w_I	200	59+49	49+49	29+29	27+27	44+44
d_I	0,14 (ПЭЛ)	0,49 (ПЭЛ)	0,6 (ПЭЛ)	1,4 (ПЭЛ)	1,56 (ПЭЛ)	1,0(ПЭЛ)
w_{III}[3]	75	12+12	24+24	40+40	8+8	5+5
d_{III}	0,14 (ПЭЛ)	0,25 (ПЭЛ)	0,25 (ПЭЛ)	0,5 (ПЭЛ)	0,8 (ПЭЛ)	0,8(ПЭЛ)
F, *гц*		4 000—5 000	300—400	400—450	800—1 000	1 300—1 500

[1] По данным статей в журнале «Радио» за 1957—1961 гг.
[2] От типового выходного трансформатора строк ТВС-А или ТВС-Б (к телевизору) (см. рис. 41-8, *б*).
[3] Обмотку *III* наматывают последней.

Если емкость конденсатора по расчету получается чрезмерно большой, можно задаться бо́льшим коэффициентом пульсации p_0 и добавить в выпрямитель сглаживающий фильтр, аналогичный применяемому в выпрямителях, работающих от электросети (см. § 32-4).

При заданном коэффициенте пульсации $p_ф$ после фильтра выпрямителя (на нагрузке) и заданной индуктивности дросселя фильтра $L_ф$ (*гн*) емкость выходного конденсатора сглаживающего фильтра $C_ф$ (*мкф*) находят из выражения

$$C_ф = \frac{Np_0}{L_ф F p_ф} \qquad (34\text{-}3)$$

или при заданной емкости конденсатора $C_ф$ находят индуктивность дросселя из выражения

$$L_ф = \frac{Np_0}{C_ф F p_ф}, \qquad (34\text{-}4)$$

где коэффициент $N=600$ для схемы на рис 34-1 и $N=150$ для схем на рис. 32-2.

В сглаживающих фильтрах выпрямителей преобразователей при частотах F порядка тысячи герц и выше следует применять бумажные или металлобумажные конденсаторы.

34-5. НАЛАЖИВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Если на выходе преобразователя напряжения нет, нужно переключить концы обмотки обратной связи *III*. В преобразователе по схеме на рис. 34-1 следует попробовать различные включения концов обмотки *II* на диод; правильным включением будет такое, при котором получается большее выпрямленное напряжение.

Наилучшую отдачу преобразователя получают, подбирая резистор $R_с$ (или $R_б$)

Преобразователь на транзисторах создает помехи радиоприему. Чтобы уничтожить их, преобразователь необходимо заключить в коробку (экран) из листовой стали.

ЧАСТЬ ДЕВЯТАЯ
КОНСТРУИРОВАНИЕ И МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 35

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

35-1. ВЫБОР СХЕМЫ И ПОДБОР ДЕТАЛЕЙ

Конструирование радиоаппаратуры состоит в выборе схемы, подборе деталей, компоновке радиоаппаратуры и вычерчивании эскизов шасси и ящика.

Начинающему радиолюбителю следует использовать проверенную принципиальную схему. Следует отдавать предпочтение простым схемам — их легче налаживать. Сложные схемы обычно имеют ряд преимуществ перед более простыми, но начинающий радиолюбитель не сможет реализовать эти преимущества.

Выбрав схему, следует приступить к подбору деталей. Большинство деталей, входящих в радиоаппаратуру, — покупные, только для карманных приемников на транзисторах приходится изготавливать некоторые детали. При подборе деталей, если тип их не указан в спецификации, следует учитывать условия, при которых они работают в схеме. Для конденсаторов — это номинальное напряжение, а для резисторов — рассеиваемая мощность (см. § 39-1, 39-2, 40-1 и 40-2). При конструировании стационарных приемников и радиол, где ящик из акустических соображений должен быть достаточно большим, следует резисторы брать повышенной мощности, а конденсаторы — с повышенным номинальным напряжением. Это улучшает надежность аппаратуры. Если же размеры аппарата ограничены, детали не следует брать с запасом по мощности и напряжению, так как это затруднит конструирование аппарата, а монтаж получится тесным. В этом случае надо стремиться использовать малогабаритные детали. В особенности это относится к резисторам и конденсаторам. Количество этих деталей в схеме велико, поэтому от их размеров зависят и размеры радиоаппарата.

35-2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОАППАРАТУРЫ

Наиболее ответственным этапом конструирования радиоаппарата является компоновка его. От компоновки зависит, будет ли аппарат отвечать поставленным требованиям, станет ли он удобным в обращении, легким в изготовлении и изящным.

Перед компоновкой радиоаппаратуры радиолюбитель должен выбрать тип конструкции, которая может быть:

1) **свободной** (плоскостной), когда все детали размещены на одном шасси; эта конструкция наиболее часто применяется как в заводской, так и в радиолюбительской аппаратуре;

2) **объемной**, когда радиодетали заполняют весь объем прибора (блока) в несколько этажей; такую конструкцию радиолюбители применяют редко, так как в этом случае затруднен доступ к радиодеталям;

3) **блочной**, которая характеризуется разделением всего устройства на ряд отдельных блоков; такая конструкция применяется в телевизорах и других сложных радиоустройствах.

В радиоаппаратуре могут сочетаться различные типы конструкций. Например, объемная конструкция может быть получена из нескольких расположенных друг над другом плоскостных конструкций.

После выбора типа конструкции следует решить вопрос о материалах, из которых будут изготовлены шасси, а также корпус (ящик) аппарата. Наиболее подходящими материалами для них являются листовой алюминий, гетинакс, картон, фанера или иной листовой материал. Эти материалы легко обрабатываются; из них можно создать конструкции, полностью удовлетворяющие требованиям радиолюбителя.

35-3. ТИПЫ ШАССИ И ЯЩИКОВ

Угловая панель (рис. 35-1) — наиболее распространенный тип шасси в радиолюбительской аппаратуре. Она проста в изготовлении, обеспечивает хороший доступ сверху для смены ламп и снизу к ламповым панелям и элементам схемы. На горизонтальной плате размещают лампы, конденсаторы, резисторы и другие детали. На переднюю панель выводят ручки управления, на ней располагают шкалу приемника, измерительные приборы и т. п.

Если угловая панель изготовлена из фанеры, ее горизонтальная плата может быть разрезной (рис. 35-1, *б*). В разрезе крепят ламповые панели. При этом отпадает необходимость делать в шасси отверстия для ламповых панелей.

Когда аппарат не имеет радиоламп, например выпрямитель на полупроводниковых диодах, угловую панель можно изготовить без «подвала» (рис. 35-1, *г*).

Угловая панель вдвигается в ящик и крепится к нему шурупами, пропущенными через заднюю стенку ящика, в случае деревянной панели (рис. 35-1, *д*) или же винтами в углах лицевой панели, которые ввертывают в угольники, закрепленные на передней кромке ящика (рис. 35-1, *ж*).

Шнур питания может быть закреплен на задней стенке шасси и пропущен через отверстие в задней стенке ящика или же через отверстие в лицевой панели.

В передней панели делают вырезы для шкалы и отверстия для осей ручек управления. Оси ручек управления пропускают через эти отверстия. На оси надевают и закрепляют ручки управления.

Глубину подвала угловой панели надо делать возможно меньшей, так как в этом случае детали монтажа будут доступнее. Глубина подвала может колебаться от 20 до 100 *мм*. Подвал глубже

50 *мм* можно делать у больших панелей. Глубокий подвал у небольшого шасси затруднит монтаж.

Высота лицевой панели определяется как размер подвала плюс высота пространства над шасси. Последняя зависит от размера де-

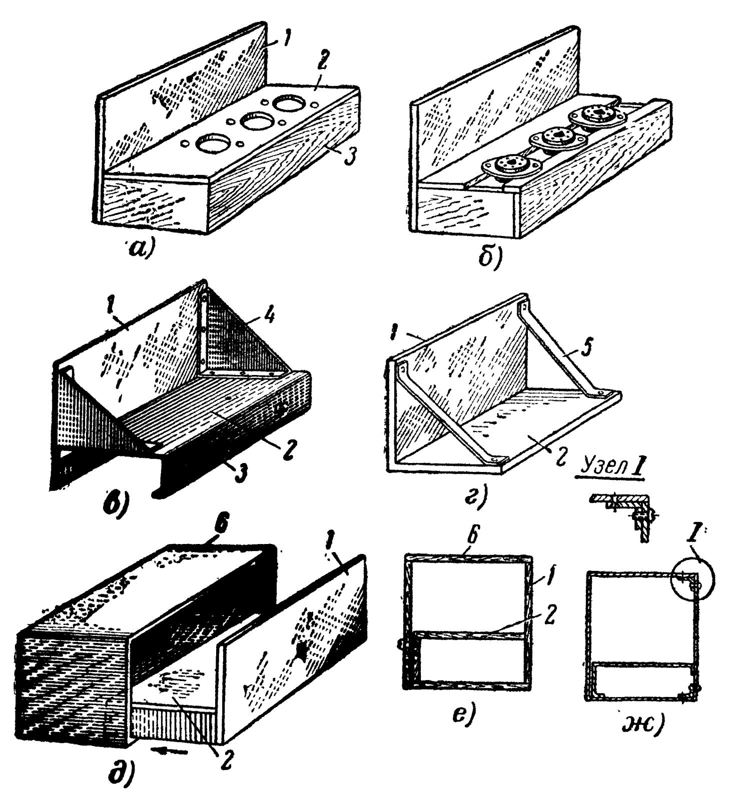


Рис. 35-1. Угловые панели.

а, б — деревянные; *в, г* — металлические: *д—ж* — панели в ящиках. *1* — лицевая панель; *2* — горизонтальная панель; *3* — задняя панель; *4* — угольник; *5* — подкос; *6* — ящик.

талей, укрепленных над шасси: радиоламп, трансформаторов, конденсаторов переменной емкости, контуров и т. п.

Трансформатор питания и конденсаторы сглаживающего фильтра обычно располагают над горизонтальной платой шасси.

Плоское шасси представляет собой горизонтальную плату (обычно металлическая) с отогнутыми вниз краями (рис. 35-2). Она вставляется в ящик сзади. Для ручек управления, шкалы, кинескопа и

громкоговорителя в передней стенке ящика вырезаются отверстия. Задняя стенка ящика или совсем не делается, или ее изготавливают из картона, в котором пробивают отверстия для вентиляции.

Объемная конструкция позволяет в небольшом объеме разместить много деталей.

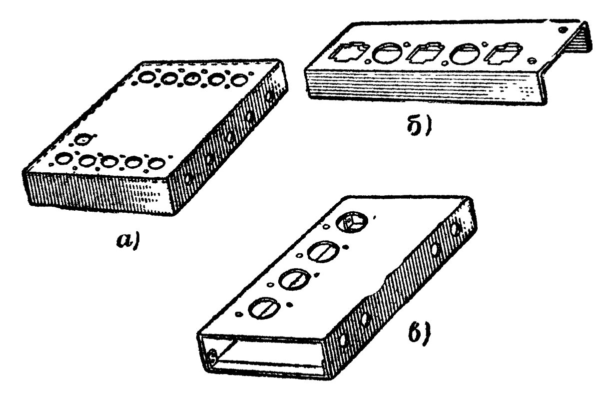


Рис. 35-2. Плоские шасси.

а — с четырьмя отогнутыми краями; *б, в* — П-образное с двумя отогнутыми краями.

Блочная конструкция удобна тем, что каждый блок можно наладить независимо от остальных, а также тем, что, совершенствуя радиоаппарат, мы имеем возможность заменять отдельные блоки, не затрагивая при этом остальных. В радиоприемниках в отдельный блок обычно выделяют входную УКВ часть и — иногда — блок питания. Телевизор блочной конструкции разбивается на блоки: синхронизации, кадровой развертки и строчной развертки; ПТК; усилитель ПЧ изображения с усилителем ПЧ звука и усилителем НЧ; блок питания. Кинескоп и отклоняющая система крепятся непосредственно на шасси.

35-4. ОБЩИЕ ПРАВИЛА КОМПОНОВКИ РАДИОАППАРАТУРЫ

Выбрав тип конструкции, следует приступить к самому ответственному этапу конструирования — компоновке.

Компоновку — размещение деталей на шасси — лучше всего производить на листе миллиметровки. На нем вычерчивают прямоугольник, приблизительно соответствующий размеру шасси, и располагают радиодетали или вырезанные из бумаги или картона силуэты их в таком порядке, в каком предполагается смонтировать их на шасси. При этом может оказаться, что предварительно выбранный размер шасси недостаточен или чрезмерно велик. Тогда, разместив детали, очерчивают вокруг них новый прямоугольник, который и покажет действительные размеры шасси.

Компоновка — работа творческая. Расположив детали на шасси, не следует считать работу законченной. Нужно посмотреть, что можно улучшить, переставив детали иначе. Надо принять наилучший из двух-трех вариантов компоновки.

Взаимное расположение радиодеталей. Радиодетали надо размещать на шасси так, чтобы соединяющие их провода были короткими. Для этого электронные лампы стараются расположить в одну линию, а панели их разворачивают так, чтобы анодный вывод лампы предыдущего каскада был обращен к сеточному выводу последующего (рис. 35-3).

Резисторы и конденсаторы, относящиеся к данному каскаду, располагают под горизонтальной платой вокруг ламповой панели со стороны тех выводов ее, к которым эти детали должны присоединяться. Сеточные и анодные проводники должны быть короткими; их надо относить подальше друг от друга и не располагать параллельно. Если это невозможно, то сеточные провода надо прокладывать экранированным проводом (НЧ цепи) или коаксиальным кабелем (ВЧ цепи). Все детали располагают так, чтобы каждую из них можно было легко снять или заменить при ремонте и налаживании. Вращение сердечников катушек, роторов подстроечных конденсаторов, потенциометров «под шлиц» и т. п. должно быть удобным и возможным при работе радиоаппарата. Если эти детали нужно закрыть кожухом, в нем должны быть отверстия над каждым элементом, через которые отверткой можно будет регулировать подстроечные элементы. Радиолампы располагаются на таком расстоянии друг от друга и от деталей, чтобы между ними свободно проходили пальцы руки (15—20 *мм*). Это позволит без особого труда вынимать радиолампы.

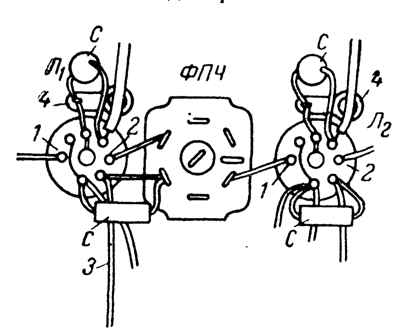


Рис. 35-3. Расположение ламповых панелей на шасси (плате).

1 — сеточный вывод; 2 — анодный вывод; 3 — провод, подающий плюс высокого напряжения; 4 — заземленный лепесток.

Детали, боящиеся нагрева (к ним относятся полупроводниковые, особенно германиевые и селеновые, приборы, конденсаторы, а также маломощные резисторы), размещают под горизонтальной платой. Над платой устанавливают детали, которые греются сами, или детали, не боящиеся нагрева. К ним относятся радиолампы, трансформаторы, резисторы большой мощности и т. п.

Высокочастотная часть приемника. Катушки индуктивности входной цепи, ВЧ каскадов и гетеродина, а также детектор приемника прямого усиления располагают возможно ближе к блоку конденсаторов переменной емкости. Последний обычно монтируют над горизонтальной платой шасси. Если применяются галетный переключатель диапазонов и катушки индуктивности больших размеров, то катушки резонансных контуров разных каскадов отделяют друг

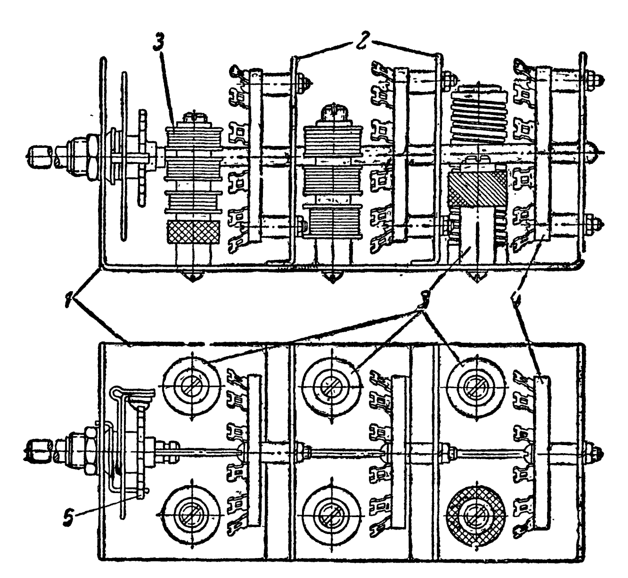


Рис. 35-4. Блок ВЧ катушек с галетным переключателем диапазонов.

1 — основание; *2* — экранирующие перегородки; *3* — контурные катушки; *4* — плата переключателя диапазонов; *5* — фиксатор переключателя диапазонов.

от друга металлическими экранами (перегородками) или заключают в экранирующие коробки. Рекомендуется объединять катушки с переключателем в единый ВЧ блок (рис. 35-4).

Катушки индуктивности с броневыми карбонильными или ферритовыми сердечниками можно не экранировать, так как их магнитные поля практически полностью сосредоточены внутри сердечников. При использовании клавишного переключателя диапазонов катушки индуктивности с карбонильными или ферритовыми сердечниками располагают на плате переключателя. Экранировки катушек в этом случае также не требуется.

Катушки индуктивности, особенно катушки контура гетеродина, нельзя размещать близко к лампам и другим деталям, выделяющим большое количество тепла, так как нагрев этих катушек не только приводит к изменению частоты контура при изменениях температуры, но вообще ухудшает его параметры.

Каскады усилителя НЧ размещают

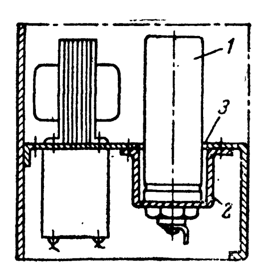


Рис. 35-5. Пример крепления детали ниже плоскости шасси.

1 — крупногабаритный электролитический конденсатор; *2* — скоба; *3* — вырез в горизонтальной плате.

обычно ближе других каскадов к выпрямителю, однако лампу первого каскада УНЧ нельзя располагать вблизи трансформатора питания, иначе трудно будет избавиться от фона переменного тока.

Если в радиоустройстве имеется несколько трансформаторов НЧ, их размещают возможно дальше друг от друга; при этом оси их катушек должны быть расположены под прямым углом.

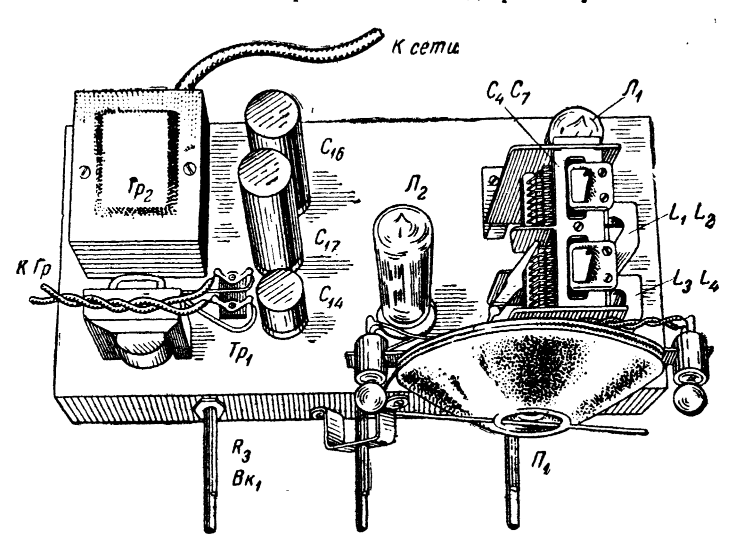


Рис. 35-6. Пример конструкции лампового радиовещательного приемника на П-образном шасси.

Иногда бывает, что одна или несколько деталей намного больше остальных. Если размер блока делать по этим деталям, то он будет неоправданно большим. Избежать этого можно, опустив крепление большой детали ниже шасси (рис. 35-5).

На рис. 35-6 приведен пример компоновки шасси радиовещательного приемника. Громкоговорители обычно размещают на стенках ящиков приемников.

Измерительная аппаратура. Стрелочные приборы следует располагать в верхней части лицевой панели. Под ними размещают ручки управления (потенциометры, переключатели и т. п.). Под панелью ставят разъемы, выводят шнур питания. Там же размещают предохранители, выключатель сети и индикаторную лампочку.

35-5. КОНСТРУИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИЕМНИКОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Конструкция подавляющего числа карманных транзисторных приемников следующая: схема приемника монтируется на плате, а последняя помещается в плоский двустворчатый пластмассовый

корпус, через вырезы в котором выводятся ручки управления. При конструировании такого приемника необходимо в первую очередь определить ориентировочные размеры монтажной платы, на которой собирается схема приемника. Для этого силуэты деталей, вырезанные из плотной бумаги или картона, раскладывают на куске миллиметровки. При компоновке следует придерживаться приведенных выше правил. Расположение деталей на плате такого приемника в большинстве случаев следующее (рис. 35-7). Вдоль приемника расположена магнитная антенна. С одной стороны платы располагается орган настройки (конденсатор переменной емкости, катушка с подвижным сердечником и т. п), а с другой — громкоговоритель. Источник питания (например, батарейка от карманного фонаря типа КБС-Л-0,5 или несколько элементов типа ФБС-0,25) располагают рядом с конденсатором переменной емкости или вдоль большой кромки платы со стороны, противоположной той, где расположена ферритовая антенна.

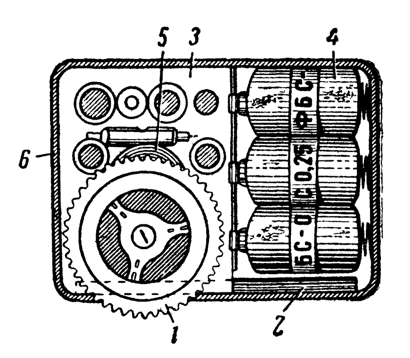


Рис. 35-7. Пример конструкции карманного приемника на транзисторах.

1 — конденсатор переменной емкости; *2* — ферритовая антенна; *3* — монтажная плата; *4* — гальванические элементы; *5* — громкоговоритель; *6* — корпус приемника.

Определив размеры и конфигурацию платы, приступают к конструированию приемника. Плата часто выполняется с печатным монтажом или имитацией его (см. стр. 477, 494, 499).

35-6. КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Самой простой в изготовлении конструкцией является телевизор на П-образной панели (рис. 35-8, *а*). Детали, расположенные сверху панели, легко доступны. Для того чтобы добраться к деталям, расположенным снизу, необходимо телевизор класть «на бок».

Для уменьшения размеров телевизора схема его монтируется на нескольких панелях, расположенных на общей раме. Может быть много вариантов расположения их относительно кинескопа (рис. 35-8). Детали на платах также могут располагаться по-разному. Если лампы расположить наружу, а монтаж внутри, то легко будет менять лампы, но трудно будет ремонтировать и налаживать телевизор. Если расположить детали наоборот (лампами внутрь), то будет затруднен доступ к лампам, но зато такой телевизор будет легко ремонтировать и налаживать.

На рис. 35-8, *г* приведена очень удобная конструкция телевизора. Если крупные детали и лампы расположить в направлении колбы кинескопа, а монтаж снаружи, то будет одинаково легок доступ к лампам и монтажу.

В последнее время все больше телевизоров конструируется в блочном исполнении.

Детали, подлежащие регулировке при налаживании телевизора, следует располагать в доступных местах и не закрывать другими деталями и монтажом. Рукоятки управления «яркость», «контрастность» и «громкость» следует выводить на переднюю или правую

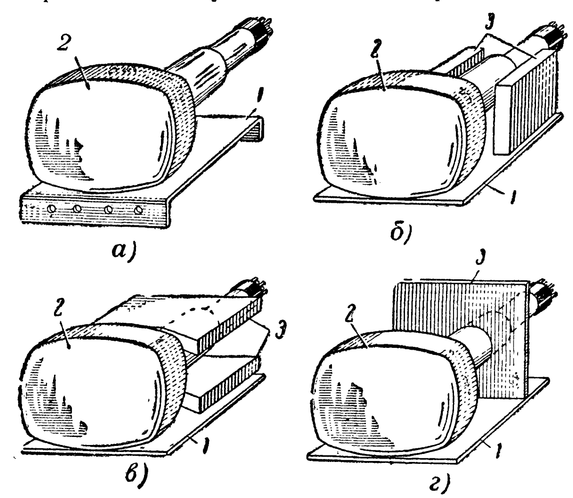


Рис. 35-8. Типы конструкций телевизоров.

а — на плоском шасси; *б* — с боковыми шасси; *в* — с двумя горизонтальными шасси; *г* — с вертикальной монтажной платой.

1 — основание (шасси); *2* — кинескоп; *3* — шасси или монтажная плата,

стенку, а остальные ручки управления и регулировки — на заднюю или правую боковую стенку телевизора.

Блоки разверток не следует размещать вблизи видеодетектора, каскадов детектора изображения и звукового сопровождения, видеоусилителя и УНЧ. Это может затруднить налаживание телевизора и ухудшить качество изображения и звукового сопровождения.

35-7. КОНСТРУИРОВАНИЕ УКВ АППАРАТУРЫ

При конструировании УКВ аппаратуры и УКВ цепей в другой аппаратуре необходимо учитывать некоторые специфические особенности, которыми в диапазонах КВ и еще более длинных волн обычно можно пренебрегать. В основном эти особенности сводятся к тому, что размеры (УКВ) аппаратуры в целом и отдельных узлов и деталей ее становятся сравнимыми с рабочей длиной волны. Индуктивное сопротивление более или менее длинных соединительных проводников для токов СВЧ настолько велико, что они представляют

собой дроссели, а небольшие емкости между проводками могут оказаться местами короткого замыкания токов СВЧ в схеме. Вместе с тем обычные ВЧ дроссели, обладая определенной межвитковой емкостью, ведут себя, как конденсаторы, а бумажные (и даже слюдяные) конденсаторы могут обладать бо́льшим индуктивным, чем емкостным сопротивлением. Длинные соединительные проводники и катушки индуктивности больших диаметров, проводящие токи СВЧ, излучают электромагнитную энергию, вызывая дополнительные потери энергии в этих элементах схемы.

Из сказанного можно сделать вывод: размеры как шасси УКВ аппаратуры, так и отдельных деталей ее (например, катушек, конденсаторов), а в особенности соединительных проводников должны быть предельно малыми. Емкости раздельных и блокировочных конденсаторов и индуктивности дросселей не следует брать бо́льшими, чем это необходимо для нормальной работы на рабочей частоте.

Катушки индуктивности следует наматывать из голого посеребренного или покрытого слоем полистиролового лака медного провода. Для катушек приемников достаточен диаметр провода 0,8—1,0 *мм*, а для передатчиков 1—3 *мм* в зависимости от мощности. Применять следует только хорошие высокочастотные изолирующие материалы (ВЧ керамика, полистирол и т. п.).

Шасси желательно изготовлять из стали, латуни или меди, так как при этом детали и соединительные проводники можно легко и надежно припаивать непосредственно к шасси. Алюминиевые шасси менее пригодны из-за ненадежного электрического контакта с ними. Во избежание паразитных связей между отдельными каскадами все заземляющие проводники одного каскада должны быть припаяны к шасси в одной общей точке.

Отдельные каскады УКВ аппаратуры требуют более тщательной экранировки, в частности, задающий генератор передатчика заключают целиком в экранирующую коробку. Экраны следует тщательно присоединять (лучше припаивать) к шасси.

В качестве высокочастотных соединительных проводников между отдельными блоками аппаратуры, а также для соединительных линий между аппаратурой и антенной следует использовать коаксиальный кабель, обладающий малыми потерями энергии.

Компоновку деталей следует осуществить так, чтобы необходимые электрические соединения между деталями осуществлялись по возможности без каких-либо дополнительных проводников с соблюдением механической прочности. Следует обеспечить прочность и жесткость всей конструкции в целом, так как вибрация деталей или узлов приводит к неустойчивости и ненадежной работе аппаратуры.

35-8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЛАТ С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

При печатном монтаже соединительные проводники изготавливаются из медной фольги, которая прочно приклеена к плате из гетинакса с одной стороны ее. Детали схемы располагаются на другой стороне платы, а выводы их пропускаются в отверстиях платы и припаиваются к фольговым проводникам.

Подготовка деталей. Гибким проволочным выводам конденсаторов постоянной емкости, постоянных резисторов и полупроводниковых диодов нужно придать форму, показанную на рис. 35-9, при-

чем расстояния между отогнутыми выводами деталей одного и того же типа должны быть одинаковыми. Так же подготовляются к монтажу конденсаторы БМ, МБМ, ЭМ и др.

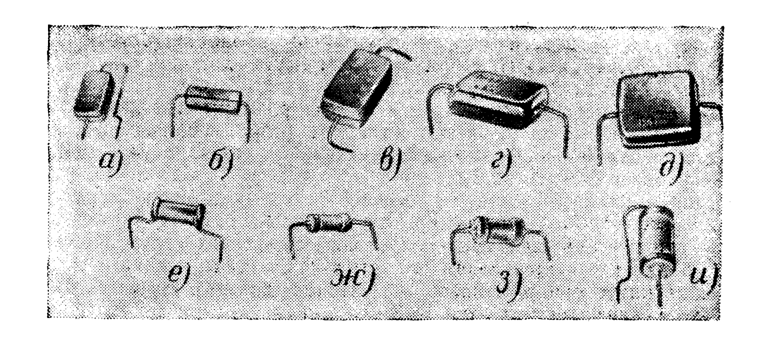


Рис. 35-9. Радиодетали, приспособленные для монтажа на печатной плате.

а, б — конденсаторы КСО-1; *в, г* — конденсаторы КСО-2; *д* — конденсатор КСО-5; *е* — конденсатор КТ; *ж, з, и* — резисторы МЛТ.

Лепестки ламповых панелей нужно отогнуть, как показано на рис. 35-10. В центральное отверстие ламповой панельки вставляется винт с потайной головкой для крепления ее на плате.

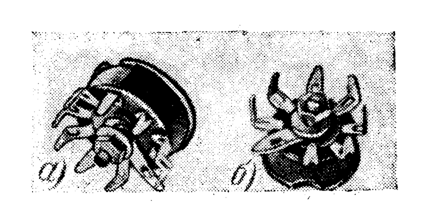


Рис. 35-10. Ламповые панели для пальчиковых ламп, приспособленные для монтажа на печатной плате.

а — девятиштырьковая; *б* — семиштырьковая.

Электролитические конденсаторы с креплением гайкой (КЭ-2) на платах с печатным монтажом применять неудобно.

Удобны электролитические конденсаторы типа КЭ-1, которые крепятся хомутиками с крепежными лапками, пропущенными через отверстия в плате и загнутыми с противоположной стороны, или же хомутиками с креплением болтиками (рис. 35-11).

Выводы потенциометров типа СП сгибают под углом 90° (рис. 35-12).

Блоки конденсаторов переменной емкости, трансформаторы и другие детали, имеющие малое количество жестких выводов, переделывать не обязательно. В печатной плате можно закрепить проволочные выводы соответствующей длины и припаивать их к выводным лепесткам деталей. При закреплении выводов на плате необходимо следить за тем, чтобы они не могли перемещаться в

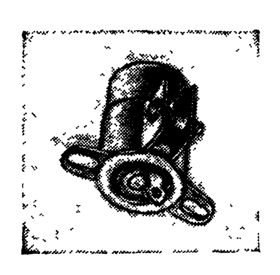


Рис. 35-11. Электролитический конденсатор КЭ-1, приспособленный для монтажа на печатной плате.

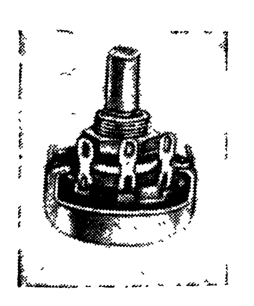


Рис. 35-12. Переменный резистор СП-1 (СП-V), приспособленный для монтажа на печатной плате.

Неправильно
Перегрев транзистора при пайке
Отрыв печатного проводника от платы
Правильно
Запрессовано
Клей

Рис. 35-13. Крепление деталей на плате с печатным монтажом.

1 — резистор МЛТ; 2 — опорная стойка; 3 — транзистор; 4 — гибкий вывод; 5 — пистон; 6 — панель для пальчиковой лампы; 7 — переменный резистор СП; 8 — проволочная перемычка.

отверстиях, в противном случае может произойти обрыв печатных проводников. Это относится также к закреплению мелких резисторов и конденсаторов (рис. 35-13).

Подготовка к конструированию. Силуэты всех деталей, которые будут крепиться на плате с печатным монтажом, нужно вычертить в соответствующей проекции в натуральную величину на ватмане (в случае малогабаритной аппаратуры — в масштабе 2 : 1), вырезать ножницами и надписать на каждой детали ее обозначение по принципиальной схеме.

Могут быть два случая конструирования. В одном случае размеры платы не имеют значения, так как другие детали занимают значительно большее место Например, в блоке разверток телевизора деталью, определяющей размеры блока, является кинескоп. Поэтому

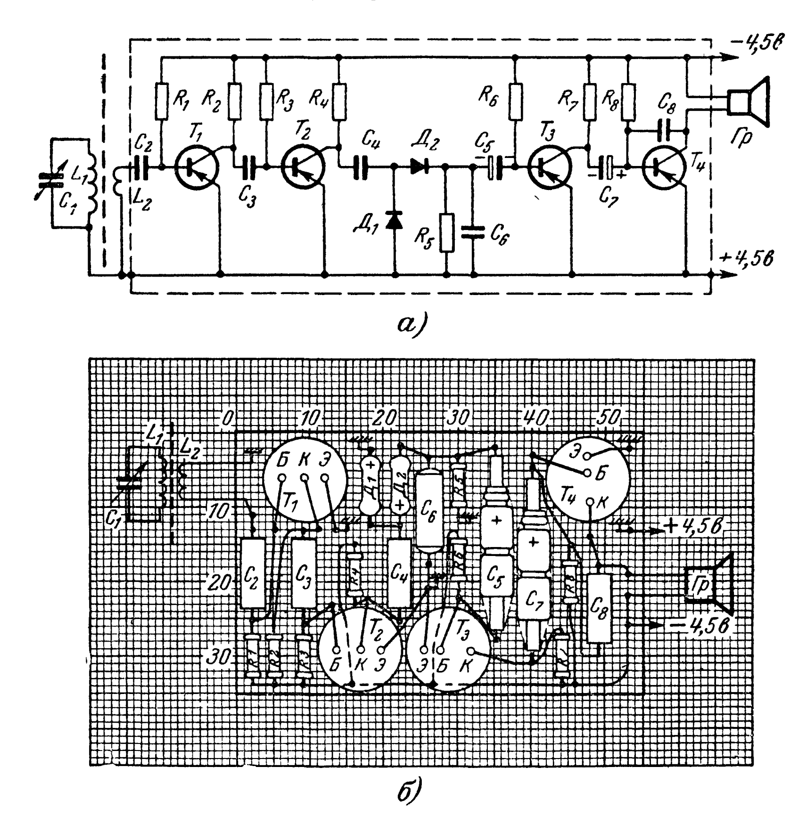
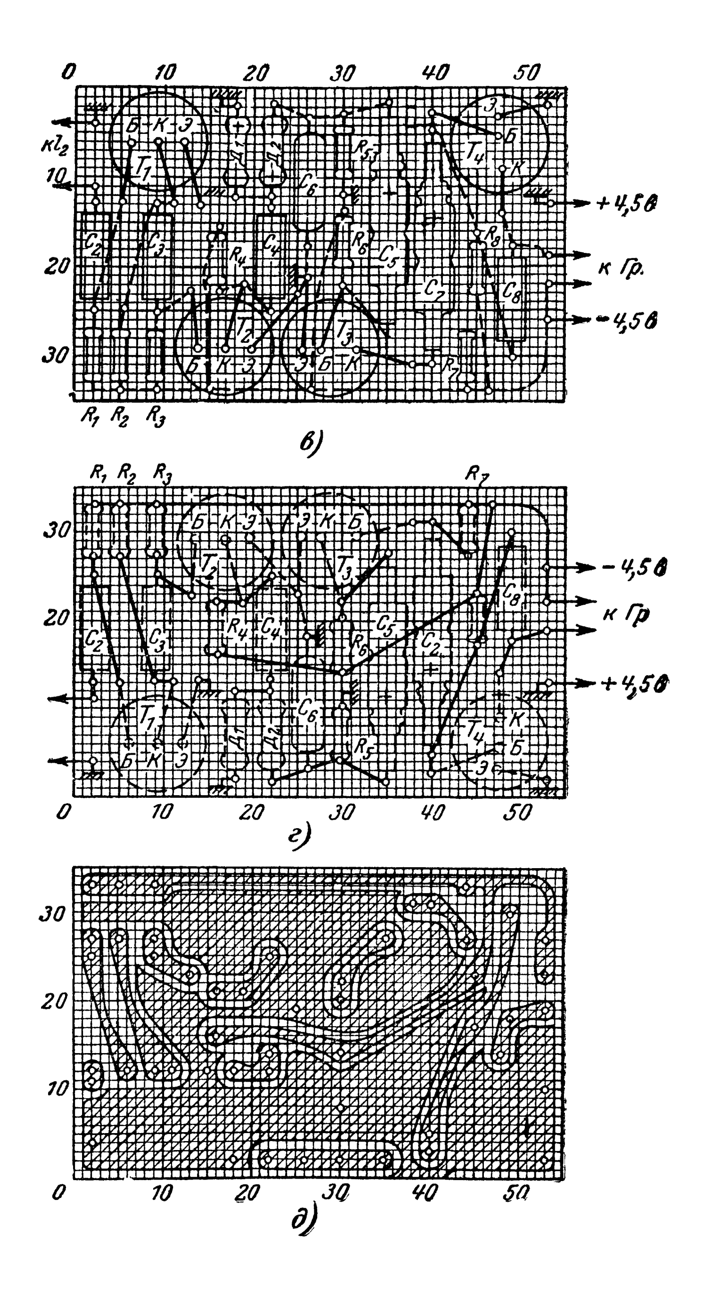


Рис 35-14. Транзисторный приемник с платой, выполненной с применением печатного монтажа.

а — принципиальная схема приемника; *б* — раскладка силуэтов деталей схемы на координатной сетке, *в* — обводка компоновки платы, *г* — то же в перевернутом виде, *д* — чистовой чертеж платы.



к $Т_2$
+4,5 в
к Гр.
-4,5 в
R_1 R_2 R_3
в)
-4,5 в
к Гр
+4,5 в
г)
д)

панели разверток могут быть выбраны достаточно большими. Когда же нужно сконструировать малогабаритный радиоприбор, например переносный радиоприемник на транзисторах, стремятся максимально использовать площадь платы и объем приемника, что создает дополнительные трудности при конструировании.

Когда размеры платы не заданы, вначале производят общую черновую компоновку устройства и грубое определение его размеров. Затем уточняют размеры и вычерчивают общий вид всего устройства и платы с печатным монтажом. После этого изготавливают объемный макет приемника на картонной плате с начерченным на ней печатным монтажом и вносят коррективы в чертеж.

При конструировании плат с печатным монтажом лучше всего пользоваться чертежной прозрачной бумагой или пергаментом, под который подкладывают миллиметровку или вычерченную тушью сетку с размерами клетки 1×1, 2×2 или 3×3 *мм*. Сеткой с размерами клетки 1×1 *мм* нужно пользоваться при окончательном вычерчивании малогабаритных плат, а более крупной 2×2 *мм* — при компоновке малогабаритных плат в масштабе 2:1. При конструировании крупных печатных плат применяется сетка с размерами клетки 3×3 *мм*.

Методику конструирования устройств с печатным монтажом мы рассмотрим на примере конструирования радиоприемника на транзисторах, собранного по схеме, предложенной В. П. Морозовым (см. рис. 15-3 на стр. 180 и рис. 35-14, *а*). По условиям компоновки плата должна иметь форму удлиненного прямоугольника с размерами 55×35 *мм*.

Черновая компоновка. На сетке раскладывают соответственно принципиальной схеме силуэты деталей (рис. 35-14, *б*). При этом необходимо соблюдать общие правила монтажа любого радиоустройства (см. стр. 471). Соединительные провода печатной схемы необходимо прокладывать так, чтобы они не перекрещивались и были по возможности короткими (если этого достичь не удается, можно поставить в местах пересечения проводников проволочные перемычки — см. рис. 35-13).

Когда вырезанные из бумаги детали расположены в соответствии со схемой, на них накладывается закрепленная в верхних углах кнопками чертежная прозрачная бумага с координатной сеткой. Координатная сетка с нужным размером клетки (1, 2 или 3 *мм*) чертится карандашом. Листок чертежной прозрачной бумаги кладется в перевернутом виде, для того чтобы при стирании ошибочно проведенных линий не стиралась и сетка. Контур деталей обводится карандашом, а затем условно в виде линий чертятся соединительные проводники между деталями (рис. 35-14, *в*). В действительности соединительные проводники будут на другой стороне платы.

Вычерчивание печатной платы. Черновой набросок платы переворачивают и нумеруют сетку (рис. 35-14, *г*). На отдельном листке чертежной прозрачной бумаги чертят сетку. Листок переворачивают и кладут на лист белой бумаги. На сетке чертят контур печатной платы и нумеруют ее согласно нумерации на сетке чернового наброска, а затем переносят на него точки крепления деталей с рис. 35-14, *г*. Все отверстия должны быть в точках пересечения сетки. Между отверстиями вычерчивают провода печатного монтажа (рис. 35-14, *д*). Вокруг каждого отверстия должна быть круглая контактная площадка. Край ее может быть срезан (рис. 35-15), если близко про-

ходит другой проводник и без такого среза трудно обеспечить нужное расстояние между проводниками.

Форма проводников. Ширина печатного проводника зависит от величины протекающего по нему тока. Печатные проводники благодаря своей плоской форме, а следовательно, и относительно большой теплоизлучающей поверхности хорошо отдают тепло и допускают большие плотности тока (до 20 *а/мм*^{2}), не нагреваясь. Печатные проводники выполняют обычно из медной фольги толщиной 0,05 *мм*; в этом случае на каждый миллиметр ширины проводника допускается ток 1 *а*.

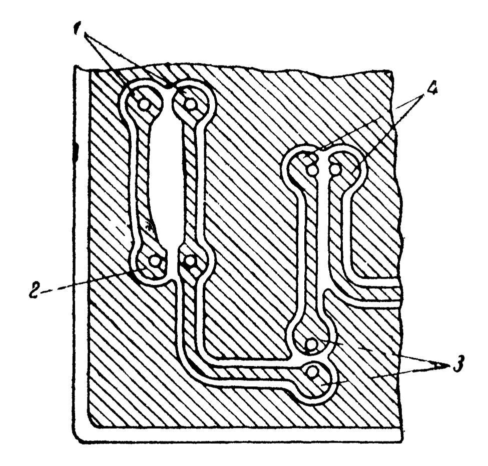


Рис. 35-15 Форма печатных проводников на плате.

1 — нормальная; *2* — при уменьшенном расстоянии между отверстиями; *3, 4* — при малом расстоянии между отверстиями.

Из соображений механической прочности ширина печатного проводника при радиолюбительском исполнении должна быть не менее 0,5 *мм*, а расстояние между проводниками во избежание пробоя следует делать из расчета 1 *мм* на каждые 200 *в*.

В радиолюбительской аппаратуре на транзисторах, где напряжения не превышают нескольких десятков вольт, а токи в большинстве случаев не бывают больше 300 *ма*, расстояние между проводниками и ширина их определяются исключительно конструктивными и технологическими требованиями.

Форма проводников. Проводники, расположенные на плате, должны иметь плавный переход от широкой части к узкой, а также плавный изгиб с внутренним радиусом не менее 2 *мм* при изменении направления проводника.

Неиспользуемые как проводники участки фольги желательно оставлять на плате, соединяя их между собой и с заземленными частями прибора. Чтобы сэкономить раствор хлорного железа при травлении фольги (см. стр. 496), надо стремиться оставить на плате максимальное количество меди.

Макет. После того как выполнен чертеж печатной платы, желательно проверить, удачно ли размещены детали. Для этого нужно сделать объемный макет. Делается он так: на листе миллиметровки вычерчивается печатная плата в натуральную величину, затем миллиметровка наклеивается на картон и в нем в точках крепления деталей делаются отверстия, в которые вставляются выводы деталей. По этому макету производится корректировка чертежа. После этого можно приступить к изготовлению платы с печатным монтажом (см. § 36-5 и 36-6).

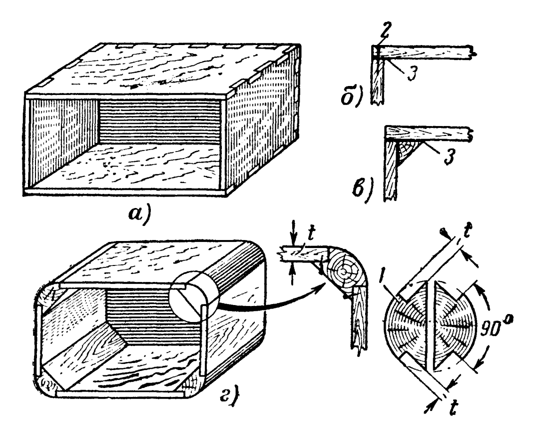


Рис. 35-16. Ящики из фанеры.

а — ящик, собранный на шипах; *б* — соединение стенок ящика в стык клеем и гвоздями; *в* — то же угловой накладкой; *г* — ящик с закругленными углами.
1 — распиленный деревянный цилиндр; *2* — гвозди; *3* — клей.

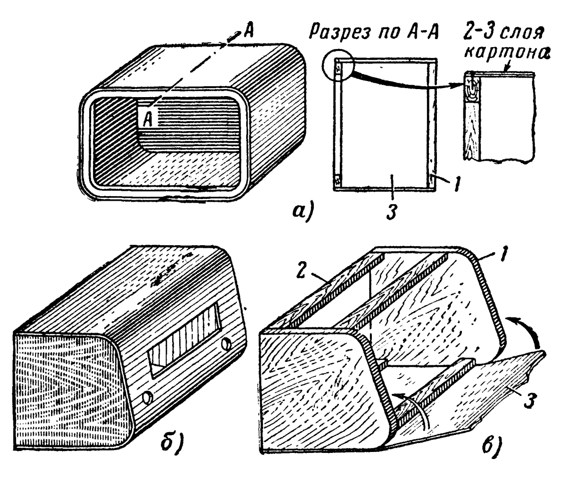


Рис. 35-17. Ящики из фанеры и картона (или бумаги).

а — для приемника, смонтированного на угловой панели; *б* — для приемника (или телевизора), смонтированного на П-образном шасси; *в* — способ изготовления ящика варианта *б*.
1 — фанера; *2* — деревянная планка; *3* — картон или бумага.

35-9. КОНСТРУКЦИИ ЯЩИКОВ ДЛЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Ящик из фанеры. Собирается он из 3—6-миллиметровой фанеры на шипах, «в стык» на клею и гвоздях или с вклеенным уголком (рис. 35-16). Аккуратно собранный ящик на шипах можно отполировать или отлакировать, а собранный в стык — оклеить дерматином или гранитолем. Такой же можно изготовить с закругленными углами (рис. 35-15, *г*). Углы его изготовляются из деревянного цилиндра (палки), распиленного пополам. В каждой половине вырезаются две ступеньки под углом 90° на толщину фанеры. Ящик склеивается казеиновым или столярным клеем и изнутри скрепляется гвоздиками. С задней стороны вклеивается дно. Этот ящик можно полировать или лакировать.

Ящик из фанеры и картона (бумаги). К двум щекам из 6-миллиметровой фанеры приклеивается и прибивается маленькими гвоздиками полоса тонкого картона или толстой бумаги, например ватмана (рис. 35-17). После высыхания клея операция повторяется: при картоне 2 раза, при ватмане 3—5 раз. Ящики этого типа оклеиваются дерматином или гранитолем.

РАЗДЕЛ 36

МОНТАЖ АППАРАТУРЫ

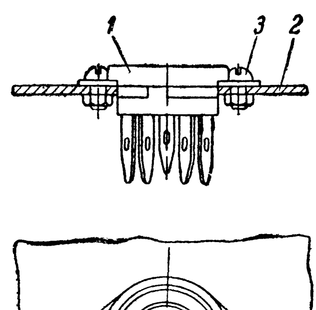
36-1. КРЕПЛЕНИЕ РАДИОДЕТАЛЕЙ

Проверка радиодеталей. Перед установкой в аппаратуру все радиодетали необходимо проверить. Невыполнение этого условия потребует при налаживании радиоаппаратуры затраты лишнего времени на поиски неисправных деталей, так как найти дефектную деталь в смонтированной схеме значительно труднее.

Конденсаторы необходимо проверить на отсутствие пробоя и внутренних обрывов выводов (последнее наиболее часто бывает у конденсаторов КСО). Резисторы надо проверить на соответствие величины сопротивления номиналу, указанному на корпусе. У моточных деталей проверяют сопротивление обмоток и отсутствие замыкания между ними.

Крепление радиодеталей. Радиодетали, имеющие ушки, фланцы, лапки, отверстия, и т. п., а также экраны и расшивочные платы прикрепляют к шасси винтами с гайками, заклепками или пистонами. Панели для пальчиковых ламп крепят пистонами или винтами (рис. 36-1), а октальные панели — пружинными кольцами (рис. 36-2). Для радиодеталей, не имеющих элементов крепления, но по своей конструкции требующих жесткого крепления на шасси, изготовляют скобы или хомуты, которые прикрепляют к шасси заклепками или винтами (рис. 36-3).

Крепление электролитических конденсаторов КЭ-2, переменных резисторов и некоторых типов октальных ламповых панелей осуществляют так: в шасси сверлят или прорезают отверстие, в которое пропускают шейку (втулку) детали и на нее с обратной стороны панели навинчивают гайку (рис. 36-3, *г*).



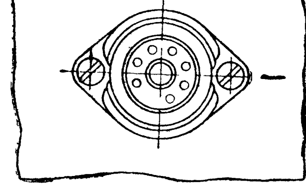


Рис. 36-1. Крепление панелей для пальчиковых ламп

1 — ламповая панель, 2 — шасси, 3 — винт с гайкой или пистон.

Трансформаторы НЧ, ПЧ и некоторые другие детали крепят лапками, пропущенными через круглые или прямоугольные отверстия в шасси и загнутыми с обратной стороны (рис. 36-4). Для крепления малогабаритных контурных катушек широко применяют фрикционные замки. Нижнюю часть каркаса катушки, скрепленную с платой, выполняют в виде спирали Архимеда (рис. 36—5). Отверстие в шасси делают фасонным, такой же формы, как и выступ каркаса катушки. Нижнюю часть последнего вставляют в отверстие шасси и поворачивают При этом каркас катушки заклинивается в отверстии. Этот вид крепления имеет много разновидностей, различающихся в основном формой нижней части катушки и отверстия в шасси. Броневые сердечники типа СБ обычно крепят к шасси клеем БФ 2.

Маломощные транзисторы закрепляют в отверстии изоляционной платы при помощи клея БФ-2, а выводы

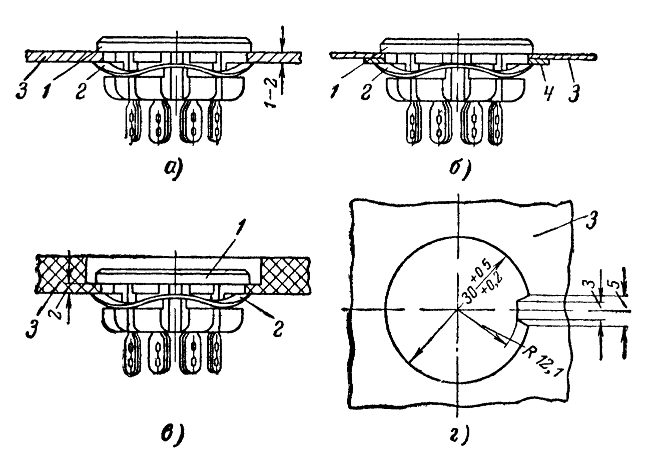


Рис. 36-2. Крепление октальной панели пружинящим кольцом.

а — на шасси из металла толщиной 1—2 *мм*; *б* — то же толщиной меньше 1 *мм*, *в* — то же из изоляционного материала толщиной более 2 *мм*, *г* — размеры посадочного отверстия в шасси под октальную панель.
1 — ламповая панель, 2 — пружинящее кольцо; 3 — шасси; 4 — шайба.

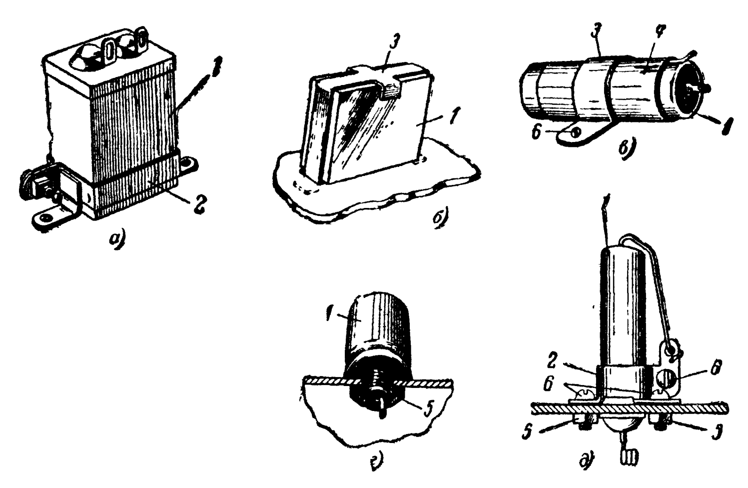


Рис. 36-3. Крепление конденсаторов на шасси.

а — конденсатора в плоском корпусе хомутом и пистонами (винтами); *б* — то же скобой с отгибающимися лапками; *в* — конденсатора КЭ-1 скобой и винтом (пистоном); *г* — конденсатора КЭ-2; *д* — конденсатора КБГ-М1 или МБГЦ-1 хомутом и винтами.
1 — конденсатор; *2* — металлический хомут; *3* — металлическая скоба; *4* — изоляционная прокладка; *5* — гайка; *6* — винт.

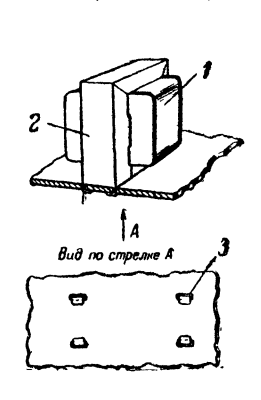


Рис. 36-4. Крепление выходного трансформатора, трансформатора питания или дросселя сглаживающего фильтра скобой с отогнутыми лапками.

1 — трансформатор или дроссель; *2* — металлическая скоба; *3* — лапка.

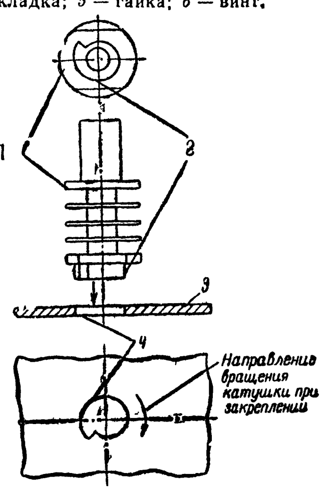


Рис. 36-5. Фрикционное крепление малогабаритной контурной катушки индуктивности.

1 — катушка; *2* — фрикционный замок; *3* — монтажная плата; *4* — отверстие в монтажной плате.

их припаивают к лепесткам или выводам других деталей (рис. 36-6). Монтаж маломощных транзисторов на печатной плате показан на рис. 35-13. Мощные транзисторы типов П4А—П4Д и П201—П203 при

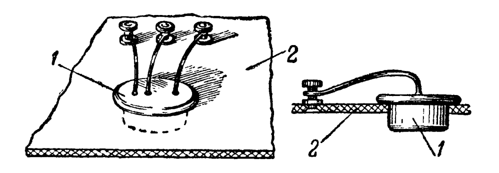


Рис. 36-6. Крепление маломощного транзистора.

1 — транзистор; 2 — монтажная плата из изоляционного материала.

работе нагреваются; они монтируются на теплоотводящих радиаторах (см. § 38-15). См. также о монтаже — § 38-16, 39-2 и 40-2.

36-2. ЖЕСТКИЙ МОНТАЖ

Жесткий монтаж применяют преимущественно в ВЧ каскадах. Он выполняется медным голым луженым или серебряным проводом диаметром 1—1,5 *мм*.

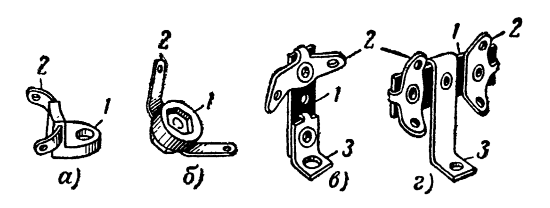


Рис. 36-7. Опорные изоляторы.

а, б — пластмассовые; *в, г* — из листового гетинакса или текстолита. 1 — изоляционный материал; 2 — лепесток; 3 — металлический угольник.

Для выпрямления помятого монтажного провода один конец его закрепляют в тисках, а второй зажимают плоскогубцами и вытягивают.

На провод можно надеть кембриковую трубку. Не следует заключать его в полихлорвиниловую трубку, так как при пайке она плавится и деформируется. Выводы сопротивлений МЛТ, ВС, конденсаторов КСО, КТ, полупроводниковых диодов Д1, Д2, ДГ-Ц, Д7 и других небольших деталей припаивают к лепесткам ламповых панелей и крупных радиодеталей (см. рис. 35-3). Если мелкие радиодетали так укрепить не удается, то для подвески их используют стойки с металлическими лепестками (рис. 36-7). Когда монтажный

провод нужно пропустить сквозь металлическую панель, применяют проходной изолятор (рис. 36 8).

Концы провода при монтаже механически закрепляют в отверстиях выводов радиодеталей, а затем опаивают свинцово-оловянным припоем ПОС-40 или ПОС-60 (рис. 36-9). Отвод от монтажного

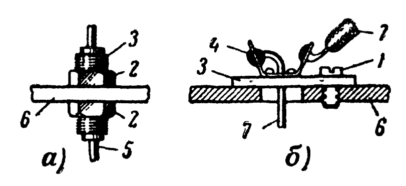


Рис. 36-8. Проходные изоляторы.

а — специальный; *б* — из листового гетинакса или текстолита.
1 — винт; *2* — гайка; *3* — изоляционный материал; *4* — контактный лепесток; *5* — металлический стержень; *6* — шасси; *7* — провод.

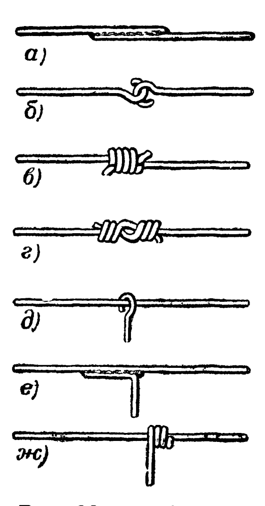


Рис. 36-10. Способы скрепления проводов перед пайкой.

а — простейшее; *б* — с загибанием концов соединяемых проводов; *в* — с помощью проволочного бандажа; *г* — двойной скруткой; *д* и *е* — простейшие ответвления; *ж* — ответвление со скруткой.

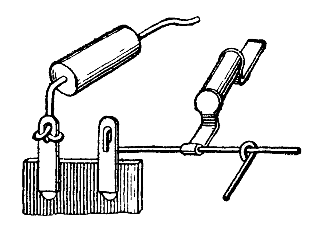


Рис. 36-9. Закрепление гибких выводов резисторов и конденсаторов.

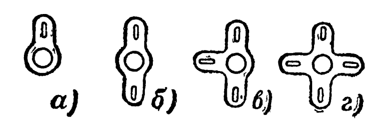


Рис. 36-11. Виды заземляющих лепестков.

провода или сращивание двух кусков его делают согласно рис. 36-10; места соединений тщательно пропаивают. Соединения, показанные на рис. 36-10, *б* — *д* и *ж*, весьма надежны. Если изготовляемая аппаратура не будет подвергаться тряске, способ соединения можно упростить (рис. 36-10, *а* и *е*).

На пересекающиеся провода во избежание замыкания между ними надо надевать кембриковые трубки.

Соединение выводов с шасси осуществляется с помощью так называемых заземляющих («земляных») лепестков (рис. 36-11). Их крепят к шасси винтами с гайками, заклепками, пистонами либо приваривают или припаивают к шасси (рис. 36-12, *а—в*). Иногда заземляющие лепестки вырубают в материале самого шасси и отгибают (рис. 36-12, *г*).

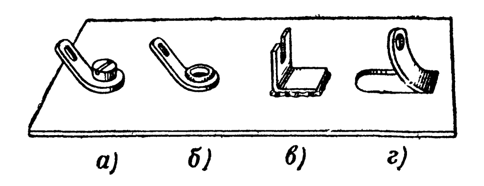


Рис. 36-12. Крепление заземляющих лепестков на шасси.

а — винтом с гайкой; *б* — пистоном; *в* — пайкой или сваркой; *г* — лепесток, вырубленный в материале шасси.

36-3. МЯГКИЙ МОНТАЖ

Мягкий монтаж применяют для НЧ цепей, цепей питания и выпрямителей устройств. Его выполняют гибким многожильным проводом. Мелкие радиодетали, как правило, крепят на расшивочных па-

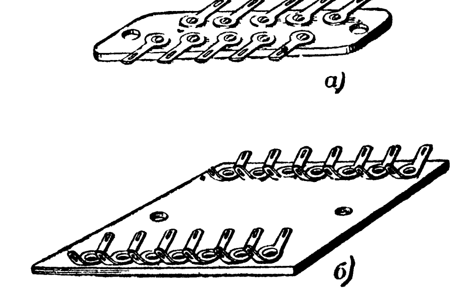


Рис. 36-13. Расшивочные панели с лепестками из листовой латуни.

нелях из изоляционного материала (монтажных планках), имеющих два ряда металлических стоек или лепестков, к которым припаивают проволочные выводы радиодеталей и монтажные провода (рис. 36-13). На каждой паре лепестков крепят одну деталь (рис. 36-14, *а*), но иногда для уменьшения размеров расшивочной панели на двух парах лепестков крепят три детали (рис. 36-14, *б*). Применение расшивочных панелей повышает прочность крепления деталей и надежность монтажа.

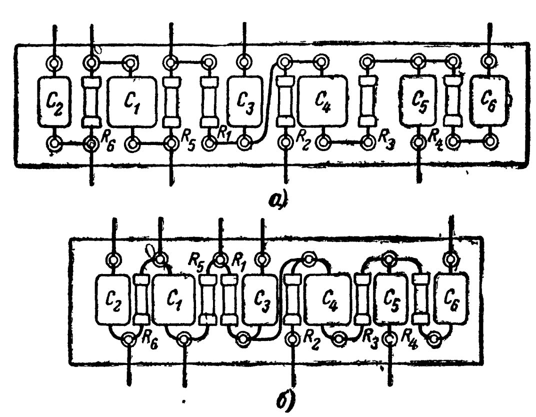
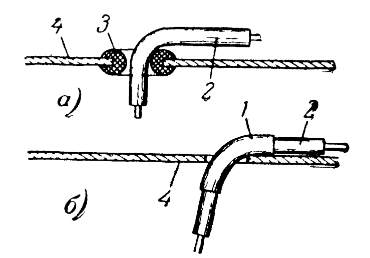


Рис. 36-14 Примеры расположения на планках конденсаторов и резисторов

Рис. 36-15. Проход сквозь металлические шасси.

а — через резиновый пистон; *б* — с защитой провода изоляционной трубкой.
1—изоляционная трубка; *2*—провод; *3* — пистон; *4* — шасси (панель).



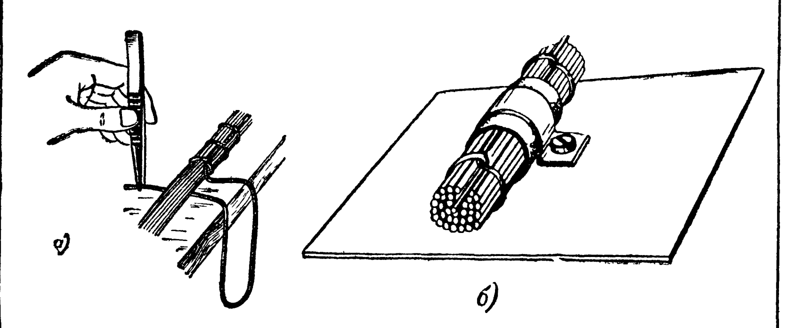


Рис. 36-16. Монтажный жгут.

а — вязка жгута; *б* — крепление жгута к шасси скобой.

Во избежание повреждения изоляции монтажного провода при проходе его сквозь шасси в отверстии последнего укрепляют резиновый пистон или же надевают на провод изоляционную трубку (рис. 36-15).

Монтаж цепей накала ламп производят свитым в шнур гибким проводом в резиновой или полихлорвиниловой (винилитовой) изоляции. Для уменьшения фона переменного тока среднюю точку обмотки накала трансформатора рекомендуется заземлять.

При монтаже выпрямителя, коммутационных цепей магнитофона и в некоторых других случаях приходится вести на значительное расстояние пучок проводов. В этом случае их связывают в жгут, который укрепляют на шасси металлическими скобами с прокладками из картона или лакоткани (рис. 36-16).

36-4. ЗАЧИСТКА И ЗАДЕЛКА КОНЦОВ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

Зачистка. Удалять изоляцию с концов проводов рекомендуется специальными приспособлениями. Нож применять нежелательно. При некотором навыке можно пользоваться кусачками: изоляцию провода слегка закусывают между их лезвиями и осторожно сдвигают с токоведущей жилы. В крайнем случае изоляцию осторожно снимают ножом, стараясь не надрезать жилу.

Провод относительно большого диаметра в эмалевой изоляции можно зачистить мелкой шкуркой или ножом. Тонкий же провод

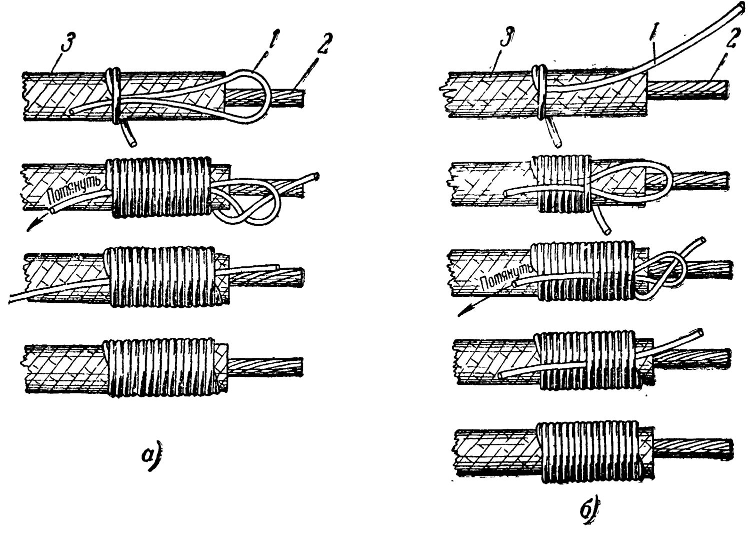


Рис. 36-17. Последовательные приемы оклетневки конца изолированного провода.

а — первый способ; *б* — второй способ.
1 — нитка; *2* — металлическая жила; *3* — изоляция.

в такой изоляции надо нагреть в пламени свечи или спички, а затем быстро опустить в спирт. Эмаль при этом разрушится и будет легко счищаться. Таким способом зачищают и многожильный высокочастотный провод — лицендрат. Все его жилки должны быть тщательно зачищены и спаяны вместе. Если хоть одна из них не будет соединена с остальными, добротность катушки, намотанной из лицендрата, ухудшится.

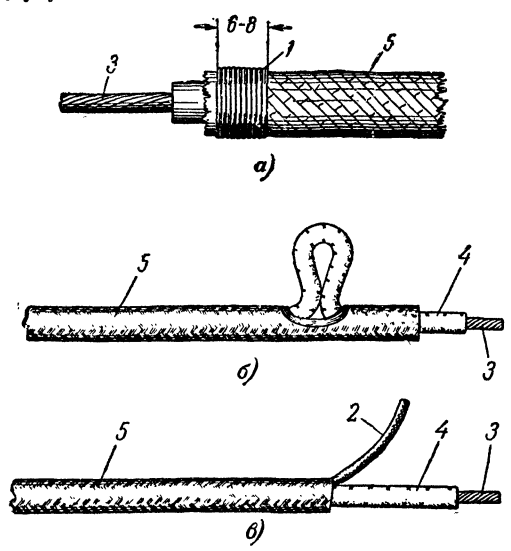


Рис. 36-18. Заделка конца экранированного провода.

а — наложением проволочного бандажа; *б, в* — последовательность операций при необходимости соединить с шасси оплетку провода.
1 — проволочный бандаж; *2* — вывод экранирующей оболочки; *3* — центральная жила провода; *4* — изоляция; *5* — металлическая оболочка (чулок).

Оклетневка. Чтобы концы провода в хлопчатобумажной, шелковой изоляции или в оплетке из стекловолокна не растрепались, на них накладывают ниточную оплетку — оклетневку (рис. 36-17). На тонком проводе оклетневку сделать трудно, поэтому изоляцию у зачищенного конца его промазывают клеем БФ-2 или БФ-6.

Заделка концов экранированного провода. Ножницами или кусачками «распарывают» металлическую оплетку на нужную длину, аккуратно обрезают ее вокруг провода и закрепляют проволочным бандажом, который опаивают (рис. 36-18, *а*). Если металлическую оплетку нужно соединить с шасси, то на расстоянии 20—30 *мм* от конца провода пинцетом раздвигают проволочки оплетки и вытягивают провод (рис. 36-18, *б*). Образовавшийся отросток оплетки скручивают (рис. 36-18, *в*), залуживают и припаивают к заземляющему лепестку шасси.

36-5. ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ СПОСОБОМ ПЕРЕВОДНОЙ КАРТИНКИ

Для изготовления платы по этому способу требуются: гетинакс толщиной 1—2 *мм*, медная фольга толщиной 0,05 *мм*, клей БФ-2, клей синдетикон или универсальный (силикатный конторский клей непригоден), миллиметровка, копировальная и писчая бумага. Из приспособлений нужно иметь металлические пластины, между которыми зажимается плата при наклейке печатной схемы.

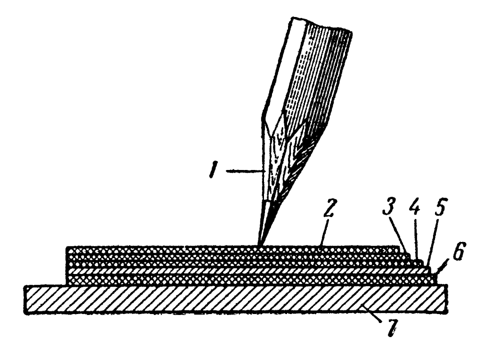


Рис. 36-19. Метод переводной картинки (первая операция).

1 — карандаш; *2* — бумага с начерченной печатной схемой; *3* — копировальная бумага; *4* — пергамент или чертежная прозрачная бумага; *5* — медная фольга; *6* — ватман; *7* — металлический лист или стекло.

Изготовление (подготовка) проводников. Под вычерченную в натуральную величину печатную схему (см. § 35-8, рис. 35-14, *д*) накладывают последовательно: копировальную бумагу, пергамент (чертежная прозрачная бумага), фольгу и толстую бумагу (или картон) (рис. 36-19). Фольгу с одной стороны надо сделать шероховатой. Для этого ее кладут на стекло и обрабатывают мелкой шкуркой. Кладут фольгу шероховатой стороной вниз. Полученную пачку листов скрепляют по краям скрепками, кладут на ровный металлический лист или стекло, и остро заточенным твердым карандашом тщательно обводят контуры печатной схемы. После снятия скрепок получим пергамент с четким рисунком печатной схемы. Такой же рельефный рисунок будет и на фольге. По его контурам острыми ножницами вырезают из фольги проводники будущей схемы и приклеивают глянцевой стороной к пергаменту (рис. 36-20), применяя клей синдетикон или универсальный конторский (казеиновый). Клей следует накладывать тонким ровным слоем. При наклейке надо следить за точным совпадением контуров проводников с рисунком на пергаменте. Для точного совмещения печатных проводников с гетинаксовой платой на пергамент наклеивается центрирующая рамка. Когда все проводники наклеены на пергамент, схему немедленно ну-

жно наклеить на гетинаксовую плату (если клей высохнет, проводники могут отделиться от пергамента). Размеры платы должны быть такими, чтобы она точно входила внутрь центрирующей рамки. Мелкой шкуркой надо протереть сторону гетинаксовой платы, к которой будет приклеена схема.

Перед склейкой матовые поверхности платы и проводников обезжиривают ацетоном, спиртом, грушевой эссенцией или любым дру-

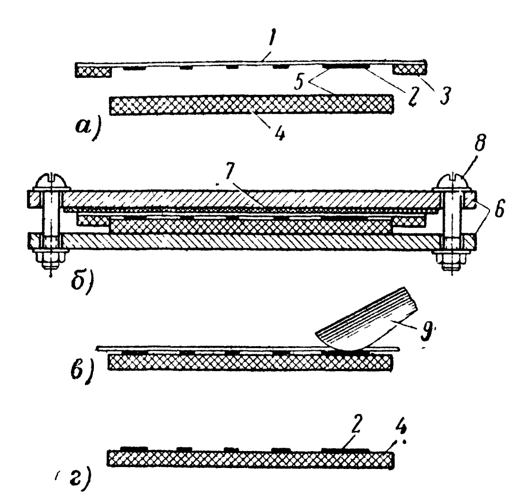


Рис. 36-20. Наклейка схемы на плату.

а — наклейка проводников; *б* — полимеризация клея; *в* — соскабливание подложки (пергамента); *г* — готовая печатная плата.
1 — пергамент; *2* — печатные проводники; *3* — центрирующая рамка; *4* — гетинаксовая плата; *5* — матовые поверхности; *6* — металлические пластины; *7* — ватман; *8* — винт с гайкой; *9* — скальпель.

гим растворителем и покрывают обе склеиваемые поверхности тонким слоем клея БФ-2. По истечении 10 *мин*, когда клей подсохнет, на поверхность проводников при помощи кисточки вторично наносится толстый слой клея и на смазанную клеем схему кладут гетинаксовую плату шероховатой стороной вниз. Весь пакет зажимают между двумя металлическими пластинами, которые стягивают винтами и выдерживают в таком виде в течение 1 *ч* при комнатной температуре. После этого пакет нагревают до 120° С в течение 3 *ч*. Нагревать платы можно с помощью утюга, прижав пакет к его подошве (рис. 36-21). Утюг надо периодически выключать, чтобы он не перегрелся. Желательно использовать утюг с терморегулятором.

После остывания пакет разбирают и острым скальпелем или ножом с платы соскабливают приклеенную к ней бумагу — подложку. Для облегчения работы бумагу надо увлажнять. Когда вся бумага соскоблена с платы, ее вместе с проводниками шлифуют мел-

кой шкуркой и промывают растворителем. Далее, остро заточенным сверлом в плате делают отверстия для крепления деталей. При этом необходимо следить за тем, чтобы отверстия, как правило, проходили через центр уширенных концов проводников. При тупом сверле гетинакс будет вспучиваться вокруг отверстия, что вызовет отслаивание фольги.

Большие отверстия и отверстия для крепежа сверлятся по разметке.

Рис. 36-21. Нагрев печатной платы.

1 — утюг; *2* — пакет с печатной платой; *3* — скоба.

36-6. ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ СПОСОБОМ ТРАВЛЕНИЯ ФОЛЬГИРОВАННОГО ГЕТИНАКСА

Нанесение рисунка схемы. При помощи копировальной бумаги рисунок монтажа переносят на фольгированный (окленный фольгой) гетинакс марки ГФ-1 со стороны фольги. В местах, где должны быть отверстия, набивают керном углубления (рис. 36-22, *а*), после чего миллиметровку и копировальную бумагу удаляют.

Места фольги, которые должны остаться на плате, закрашивают нитролаком, цапон-лаком, асфальтобитумным или каким-либо другим лаком следующим образом: сначала на все углубления, на-

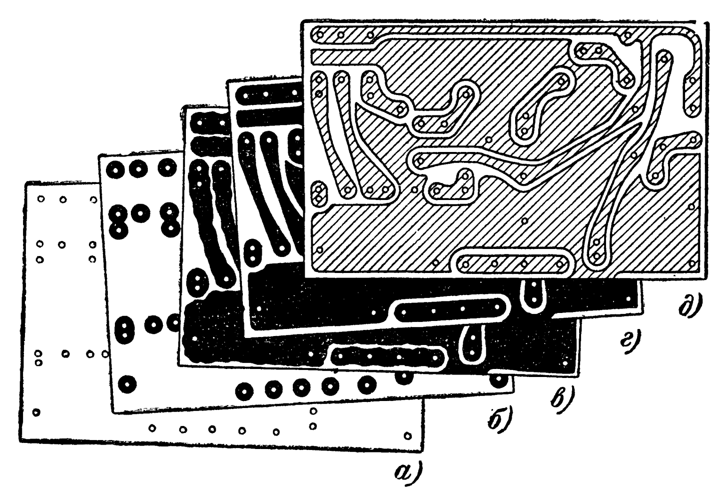


Рис. 36-22. Способ травления фольгированного гетинакса.

а — кернение; *б* — нанесение точек; *в* — рисунок печатных проводников; *г* — то же отретушированный; *д* — вытравленная плата.

битые керном, ставят краской точки; проще всего это делать спичкой. Обмакнув конец спички в лак, ставят на плате точку диаметром 2—3 *мм*, следя за тем, чтобы в центре ее было углубление, набитое керном (рис. 36-22, *б*). Когда все точки поставлены, их соединяют между собой лаком согласно схеме. Соединительные линии проводят с помощью колонковых кисточек № 2 или 3, а прямые линии можно выполнить рейсфедером (рис. 36-22, *в*).

После высыхания лака плату ретушируют (подправляют рисунок) (рис. 36-22, *г*) скальпелем, лезвием безопасной бритвы или скребком, используемым при ретуши фотографий.

Травление. Отретушированную плату помещают в фарфоровую или пластмассовую фотографическую ванночку и заливают раствором хлорного железа ($FeCl_3$) плотностью 1,3 (для получения такого раствора в стакан емкостью 200 *см*³ кладут 150 *г* хлорного железа и заливают его до краев водой), ванночку энергично и непрерывно покачивают. Схема полностью вытравляется за 50—60 *мин* (рис. 36-22, *д*). Если раствор подогреть до 40° С, то плата вытравится за 10—15 *мин*. С вытравленной платы смывают растворителем лак, хорошо промывают ее несколько раз попеременно холодной и кипящей водой, сушат и обрезают по размеру. В местах, набитых керном, в плате сверлят отверстия для выводов радиодеталей.

Отделка. Плату шлифуют мелкой крокусной шкуркой, промывают растворителем и покрывают канифольным лаком (15-процентный раствор канифоли в спирте), который предохранит проводники от окисления и облегчит пайку радиодеталей.

Выводы радиодеталей, которые будут укреплены на печатной плате, отгибают в одну сторону (см. рис. 35-9—35-12), пропускают через отверстия в плате и припаивают к печатным проводникам (рис. 35-13).

Пайка деталей к печатным платам должна производиться с большой осторожностью; сильный и длительный перегрев фольговых проводников может привести к отставанию их от платы. Для пайки следует применять оловянные припои с низкой температурой плавления; больше всего подходит припой ПОС-60.

Пользуясь паяльником с жалом диаметром 6—8 *мм*, печатные проводники при пайке можно перегреть. Для того чтобы избежать этого, на жало такого паяльника надо навить несколько витков медной проволоки диаметром 2 *мм*, оставив прямой конец длиной 15 *мм*. Такая насадка обеспечивает получение очень чистых и ровных паек. Желательно применять так называемый трансформаторный паяльник, т. е. паяльник, у которого нагревательным элементом является петля из медного провода, подключенная ко вторичной низковольтной обмотке трансформатора.

При пайке полупроводниковых приборов во избежание перегрева их следует зажимать вывод детали плоскогубцами, играющими в данном случае роль теплоотвода. При этом желательно применять припои с весьма низкой температурой плавления, например ПОК-56.

Детали должны плотно лежать на плате или же выводы деталей выгибаются так, чтобы при нажиме на них выводы не могли перемещаться в отверстиях платы, потому что при перемещении выводов они смогут отрывать печатные проводники от платы.

Изготовление фольгированного гетинакса. При отсутствии фольгированного гетинакса заводского производства можно изготовить его из обычного гетинакса и фольги следующим образом. Од-

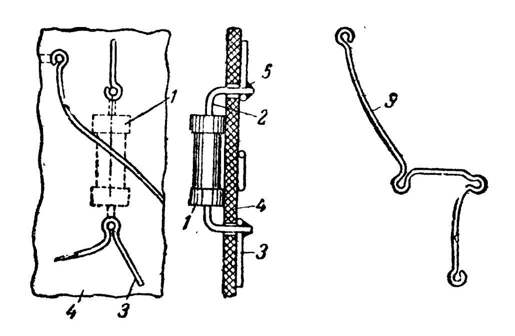


Рис. 36-23. Имитация печатного монтажа.

1 — радиодеталь; *2* — выводы радиодетали; *3*—проводник, имитирующий печатный; *4* — гетинаксовая плата; *5* — пайка.

Рис. 36-24. Плата с имитацией печатного монтажа.

ну сторону фольги, а также гетинакса при помощи мелкой шкурки делают шероховатой, обезжиривают (промывают спиртом, ацетоном или эфиром) и смазывают фольгу и гетинакс тонким слоем клея БФ-2. Спустя 10—15 *мин* вторично смазывают гетинакс толстым слоем клея и прикладывают к нему фольгу, следя за тем, чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков. Гетинакс с приклеенной фольгой зажимают между двумя металлическими пластинами. При этом между фольгой и металлической пластиной надо проложить два-три листа ватмана. В качестве зажима можно использовать струбцины или винты, для которых по краям пластин сверлятся отверстия. Собранный таким образом пакет выдерживают сначала в течение 1 *ч* при комнатной температуре, а затем в течение 3 *ч* при температуре 120° С. Как произвести нагрев, см. стр. 495, 496.

36-7. ИМИТАЦИЯ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

В гетинаксовой плате просверливают отверстия для крепления деталей согласно чертежу платы с печатным монтажом. В эти отверстия пропускают выводы деталей и соединяют их проводниками из голого медного луженого или серебреного провода, выгнутого по форме проводников печатного монтажа (рис. 36-23 и 36-24). Эти проводники укладывают вплотную на плоскость гетинаксовой платы и места соединений с выводами деталей пропаивают. После пайки всех выводов плату промывают каким-либо растворителем и покрывают со стороны проводников клеем БФ-2, который приклеивает проводники к плате. Покрывать клеем нужно 2—3 раза, каждый раз после высыхания предыдущего слоя.

ЧАСТЬ ДЕСЯТАЯ
ДЕТАЛИ РАДИОАППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 37
ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

37-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В современной радиоэлектронной аппаратуре широко используются электровакуумные приборы (ЭВП) различных видов и назначений: 1) приборы, преобразующие электрический ток одного вида в ток другого вида: приемно-усилительные, выпрямительные, генераторные электронные лампы, а также некоторые специальные приборы: электронные коммутаторы, запоминающие трубки и т. п.; 2) фотоэлектрические приборы: фотоэлементы, фотоэлектронные умножители и передающие телевизионные трубки; 3) электронно-световые приборы, преобразующие электрическую энергию в световую с целью получения изображения: кинескопы для телевизоров, осциллографические электронно-лучевые трубки и электронно-световые индикаторы настройки; 4) электронные преобразователи изображения.

Физические процессы в ЭВП происходят в вакууме, т. е. в пространстве, где воздух сильно разрежен. Электрический ток создается здесь потоком свободных электронов. Благодаря малым помехам их движению и вследствие незначительности их массы все процессы происходят весьма быстро. Поэтому ЭВП могут считаться безынерционными устройствами, что позволяет применять их как на низких, так и на высоких частотах.

Свойства ЭВП характеризуются электрическими параметрами — величинами, которые показывают соотношения между токами и напряжениями в цепях электродов. Кроме того, ЭВП разных типов характеризуются предельными (максимальными) напряжениями на электродах, токами и рассеиваемыми мощностями, междуэлектродными емкостями и другими электрическими величинами.

Важно знать, что ни в каких случаях недопустимо превышать указываемые предельные величины при работе ЭВП в схемах. Любое превышение предельных значений напряжения, тока или рассеиваемой мощности ведет к тому, что ЭВП быстро приходит в негодность.

Начинающим радиолюбителям приходится иметь дело главным образом с приемно-усилительными лампами (ПУЛ), предназначенными для применения, как показывает их название, преимущественно в радиоприемниках и усилителях. Эти ЭВП назы-

вают также радиолампами К их числу относят и маломощные выпрямительные лампы-кенотроны, используемые в устройствах электропитания приемников и усилителей.

В радиолюбительских передатчиках наряду с ПУЛ используются также специальные генераторные лампы. В этом разделе Справочника говорится только об ЭВП, широко применяемых в радиолюбительской практике, а также о некоторых новых перспективных лампах.

37-2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Условные обозначения ЭВП различных типов состоят из букв и цифр. Эти знаки выбраны так, что характеризуют некоторые свойства их. В обозначениях ПУЛ сначала указывается номинальное напряжение накала с округлением до целого числа вольт (для ламп с напряжением накала 0,625 *в* даются цифры 06 без запятой), затем идет буква, указывающая тип лампы:

А — частотопреобразовательная лампа с двумя управляющими сетками (например, гептод);
Б — маломощный пентод с одним или несколькими диодами;
Г — триод с одним или несколькими диодами (диод-триод, двойной диод-триод);
Д — диод;
Е — электронно-световой индикатор настройки;
Ж — маломощный пентод или лучевой тетрод с короткой характеристикой;
И — триод-гексод или триод-гептод;
К — маломощный пентод или лучевой тетрод с удлиненной характеристикой;
Н — двойной триод;
П — выходной (оконечный) пентод или лучевой тетрод;
С — триод;
Ф — триод-пентод (как исключение 6Ф6С — оконечный пентод);
Х — двойной диод;
Ц — кенотрон;
Э — тетрод.

На третьем месте стоит число, обозначающее порядковый номер разработки ЭВП данного типа. Последней в обозначении ламп дается буква, характеризующая конструктивное оформление:

А — сверхминиатюрная лампа диаметром 6 *мм*;
Б — сверхминиатюрная лампа диаметром 10 *мм* (рис. 37-1, *е*);
Д — лампа с дисковыми выводами электродов;
Ж — лампа типа «желудь» (рис. 37-1, *ж* и *з*);
К — лампа в керамической оболочке;
Л — лампа с замком в ключе (рис. 37-1, *и*);
П — миниатюрная (пальчиковая) лампа диаметром 19 *мм* с семью выводными штырьками или диаметром 22,5 *мм* с девятью штырьками (рис. 37-2);
Р — сверхминиатюрная лампа диаметром до 4 *мм*;
С — лампа в стеклянном баллоне с октальным цоколем (рис. 37-1, *г* и *д*).

Лампы в металлических оболочках с октальными цоколями (рис 37-1, *а—в*) букв в конце обозначения не имеют.

Например, электронная лампа 6Н2П имеет напряжение накала 6,3 *в*, является двойным триодом (на что указывает буква Н), разработана второй среди ламп такого же типа и оформлена как пальчиковая.

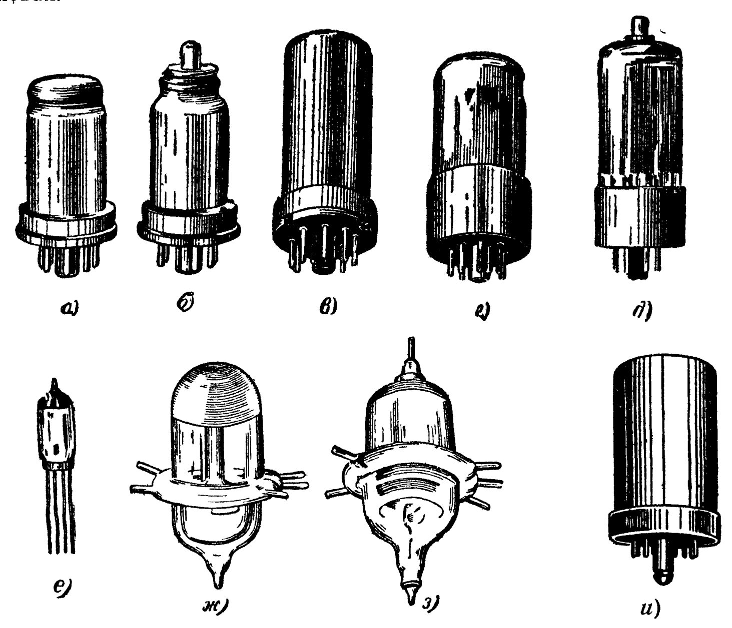


Рис 37 1 Электронные лампы.

а—в — металлической серии *г*, *д* — стеклянной серии, *е* — стеклянная диаметром 10 *мм* *ж*, *з* — типа «желудь» (показаны в непропорционально большом масштабе), *и* — с замком в ключе

Стабилизаторы напряжения (стабилитроны) обозначаются буквами СГ, номером разработки и буквой, имеющей такое же значение, как и в наименовании приемно-усилительных ламп (см. выше).

Иногда в обозначение добавляют дополнительные буквы. Например, буква *Е* указывает, что данная лампа обладает повышенным сроком службы, В — увеличенной прочностью, И — предназначена для работы в импульсных схемах и т. д

Первое число в обозначении типа электронно-лучевой трубки (кинескоп и т п) указывает диаметр или размер диагонали экрана (в *см*). На втором месте стоит буква, показывающая способ отклонения электронного пучка Например, буквы ЛК означают, что в трубке применен электромагнитный способ управления электронным пучком (с помощью отклоняющих катушек). Третий элемент обозначения — порядковый номер разработки, четвертый — буква, обозначающая тип экрана:

А — экран с синим свечением;
Б — с белым;
М — с голубым;
Ц — кинескоп для приема цветного изображения.

Генераторные лампы имеют в обозначении две буквы:

ГУ — генераторная лампа для УКВ передатчиков на частоты 25—600 *Мгц*;
ГС — то же на частоты свыше 600 *Мгц*;
ГК — генераторная лампа для КВ передатчиков на частоты до 25 *Мгц*;
ГМ — генераторная лампа, которую можно использовать так же, как модуляторную.

Условные графические обозначения ЭВП на принципиальных схемах см. рис. 0-9 и 0-10 (в начале Справочника).

37-3. ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА

Основным современным типом ПУЛ являются пальчиковые лампы (рис 37-2).

Для портативных устройств предназначены сверхминиатюрные лампы (см. рис. 37-1, *е*) диаметром 10, 6 и 4 *мм* с гибкими выводами.

Электронная лампа является сменным прибором, имеющим ограниченный срок службы. Для удобства смены ламп у большинства из них выводы электродов через ножку лампы заканчиваются жесткими штырьками. Лампа вставляется в ламповую панель (рис. 37-3) с гнездами, в которые с трением входят штырьки. У пальчиковых ламп штырьки впаяны непосредственно в стекло баллона. У металлических ламп и стеклянных серии «С» штырьки укреплены в пластмассовом цоколе. В последнем случае в средней части цоколя между штырьками расположен «ключ» — пластмассовый цилиндр с бородкой, напоминающей бородку замочного ключа. Панель для таких ламп (рис. 37-3, *в*) называется октальной: Она имеет восемь гнезд и в центре отверстие, по форме соответствующее ключу на цоколе. Описанное устройство обеспечивает безошибочное положение лампы при вставлении ее в панель. Правильное вставление пальчиковых ламп обеспечивается соответствующим расположением их штырьков и гнезд панелей.

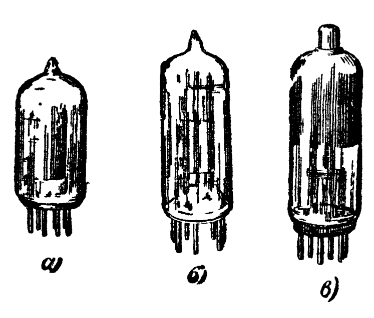


Рис 37-2 Пальчиковые лампы.

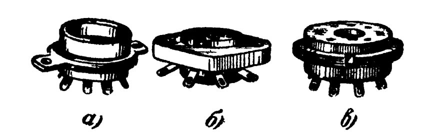


Рис. 37-3. Ламповые панели.

а, б — для пальчиковых ламп, *в* — октальная.

Штырьки ламп и гнезда панелей имеют условную нумерацию по часовой стрелке, если смотреть на них снизу. У октальных цоколей

счет начинается от бородки ключа, у пальчиковых — от большого промежутка между штырьками. Ламповые панели изготавливаются из керамики или другого изолятора. Монтажные провода припаиваются к выводам гнезд.

В герметически запаянном баллоне электронной лампы размещены металлические электроды — детали, служащие для получения потока электронов, управления их движением или собирания их.

Схема соединения электродов ЭВП со штырьками или иными внешними выводами называется цоколевкой. В приводимых ниже цоколевках около обозначения каждого штырька поставлены первые буквы названий электродов, с которыми они соединены (см. § 0-6, стр. 25—28).

Получение свободных электронов. Атомы веществ состоят из ядер и вращающихся вокруг них электронов. В металлах имеется большое количество электронов, которые можно «оторвать» от ядер, затратив некоторую энергию. Эта энергия необходима для преодоления сил, притягивающих электроны, находящиеся у поверхности металла, к ядрам. Она называется работой выхода. Электроны, «оторванные» от ядер, называют свободными электронами.

Работу выхода можно передать электронам несколькими способами:

1. Нагревая металл до высокой температуры, можно повысить скорость движения свободных электронов настолько, что они смогут покинуть поверхность металла. Это явление называется термоэлектронной эмиссией.

2. Бомбардируя поверхность металла потоком электронов, можно передать часть их энергии свободным электронам, находящимся на поверхности металла, и выбить их из металла (вторичная эмиссия).

3. Облучая поверхность металла потоком световых лучей, можно создать условия для фотоэлектронной эмиссии.

4. Можно вырвать электроны из металла без нагревания или облучения, создав у его поверхности сильное электростатическое поле (автоэлектронная эмиссия).

Все указанные способы получения электронов применяются в ЭВП: термоэлектронная эмиссия — в электронных лампах, вторичная эмиссия — в электронных умножителях, фотоэлектронная эмиссия — в фотоэлементах, автоэлектронная эмиссия — в лампах с холодным катодом и некоторых других специальных приборах.

Катод. Любая приемно-усилительная и генераторная лампа содержит в себе катод — электрод, являющийся источником свободных электронов, получаемых с помощью термоэлектронной эмиссии. Электроны, оторвавшиеся от поверхности катода, могут удалиться от нее лишь в том случае, если они обладают достаточной энергией. «Слабые» электроны не могут окончательно покинуть катод и падают обратно на его поверхность. Около катода образуется электростатическое поле, тормозящее вылет электронов. Чем выше температура катода, тем больше электронов может преодолеть тормозящее поле. Поэтому создаваемый катодом поток свободных электронов с повышением температуры увеличивается.

Катод прямого накала. В лампах, предназначенных для приемников с батарейным питанием («батарейные» лампы), применены катоды прямого накала. Они представляют собой отрезки

очень тонкой проволоки (рис. 37-4), накаливаемой электрическим током в разреженной атмосфере. Катоды прямого накала укреплены в лампах с помощью пружинок и упругих крепежных стоек, концы которых заварены в стеклянную ножку (нижнюю часть баллона) лампы.

Поверхность катодов прямого накала покрывают окислами металлов стронция, бария и кальция. Эти оксидные покрытия обладают малой работой выхода и поэтому хорошо излучают электроны при нагревании.

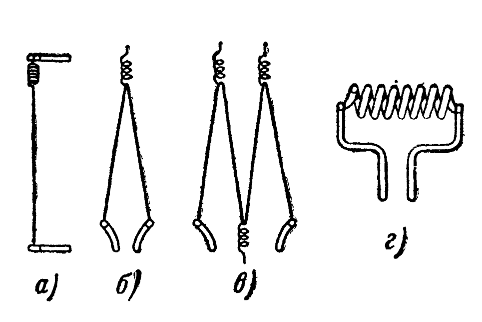


Рис 37-4. Катоды электронных ламп прямого накала.

а — прямой; *б* — Л-образный; *в* — М-образный; *г* — спиральный.

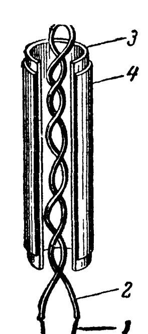


Рис. 37-5. Катод электронной лампы косвенного накала (подогревный).

Электронные лампы с катодами прямого накала в большинстве случаев нельзя применять в радиоаппаратуре с питанием от сети переменного тока вследствие малой тепловой инерции этих катодов. Здесь используют лампы с подогревными катодами.

Подогревный катод (рис. 37-5) представляет собой никелевую трубочку *3* диаметром 1—2 *мм*, наружная поверхность которой имеет оксидное покрытие *4*, являющееся источником электронов. Внутри трубочки помещена свернутая в спираль вольфрамовая проволочка *1* (нить), покрытая жароупорной изоляционной обмазкой *2*. Через эту проволочку пропускается электрический ток — ток накала; она в этом случае служит только для разогрева никелевой трубочки. Поэтому нить накала здесь называется подогревателем.

В электронных лампах старых конструкций основой подогревного катода является керамический цилиндрик, в тонких продольных каналах которого помещен подогреватель, а на цилиндрик насажена никелевая трубочка с оксидным покрытием.

От цилиндрика обычно делается отдельный вывод для включения в схему. Только в некоторых кенотронах цилиндрик — подогревный катод — имеет электрическое соединение с подогревателем.

Так как электронные лампы с подогревными катодами предназначены главным образом для аппаратуры, питаемой от сети переменного тока, то их называют также сетевыми лампами.

Подогревный катод имеет большую тепловую инерцию и не успевает заметно остыть при изменениях подогревающего его пере-

менного тока. Поэтому количество вылетающих из его поверхности электронов остается практически постоянным.

Подогревный катод называют также катодом косвенного накала, так как в нем подогревающая нить электрически не соединена с излучающим электроны оксидным слоем.

Ток, проходящий через нить накала, называется током накала; он обозначается $I_н$. Его получают от батареи, аккумулятора или обмотки накала трансформатора питания. Напряжение на выводах концов нити накала называют напряжением накала. Напряжение накала, при котором регламентируются параметры ЭВП и срок службы их, называется номинальным; оно обозначается $U_н$.

Анод. Так называется никелевый, стальной или танталовый электрод электронной лампы, который служит для собирания электронов. Он представляет собой металлический цилиндр, сплюснутый цилиндр или параллелепипед, окружающий катод. В некоторых лампах анод изготовлен из одной или двух пластинок, расположенных вблизи катода.

К аноду лампы подводится напряжение от источника анодного питания, которое называют анодным напряжением или напряжением на аноде. Ток в анодной цепи, образованной источником анодного питания и промежутком анод—катод лампы, называется анодным током. Принято считать, что этот ток течет по направлению от анода через лампу к ее катоду (обратно направлению движения электронов). Этот ток существует только в том случае, если анод имеет положительный потенциал по отношению к катоду.

37-4. ДИОДЫ И КЕНОТРОНЫ

Диодом называется двухэлектродная лампа, содержащая анод и катод — подогревный или прямого накала. Если катод накален до необходимой температуры и к лампе подведено анодное напряжение (положительный полюс на аноде), то между анодом и катодом создается электрическое поле, которое помогает вылетевшим из катода электронам двигаться по направлению к аноду. Если все электроны, выброшенные катодом, достигают анода, то диод работает в режиме насыщения; этот вид работы используется редко. Обычно диоды работают в режиме пространственного заряда, когда катод испускает электронов больше, чем необходимо. Около катода создается пространственный электрический заряд в виде облачка электронов. Этот заряд действует на вновь вылетающие из катода электроны сильнее, чем притягивающее их поле анода, и отбрасывает часть их обратно к катоду. К аноду летят те электроны, которые имеют энергию, достаточную для продвижения к внешней части электронного облачка. Достигнув анода, они падают на него, создавая анодный ток.

Если переменить полярность источника анодного напряжения — присоединить к аноду его отрицательный зажим, а к катоду — положительный, то анод будет отталкивать электроны. При этом анодного тока не будет. Следовательно, диод обладает односторонней проводимостью. Это позволяет использовать диоды для детектирования токов ВЧ и ПЧ в радиоприемниках и преобразова-

ния переменного тока в ток постоянного направления в выпрямительных устройствах приемников, телевизоров, магнитофонов и т. п. Диоды последнего назначения называют кенотронами.

Важнейшими электрическими величинами, характеризующими диоды и кенотроны, являются номинальное напряжение накала $U_н$, номинальный ток накала $I_н$ (фактическая величина последнего у отдельных образцов ламп может быть больше или меньше указанного), а также предельная амплитуда обратного напряжения $U_{ma\ макс}$ и предельный (максимальный) выпрямленный ток $I_{0\ макс}$. В табл. 37-1 для двуханодных кенотронов приведены также предельные напряжения половины вторичной (повышающей) обмотки трансформатора питания $U_{II\ макс}$ (действующие значения) для схемы на рис. 32-11 (стр. 426).

Кенотроны выпускаются с одним или двумя анодами («двуханодные кенотроны»). Для детектирования выпускаются двойные диоды — лампы, содержащие по два диода в одном баллоне.

Двойные диоды 6Х2П и 6Х6С предназначены для детектирования в радиоприемниках с питанием от сети переменного тока. Параметры их примерно одинаковы, поэтому при отсутствии одной из этих ламп можно применять другую. При такой замене необходимо сменить ламповую панель и заменить монтаж соответственно цоколевке лампы.

Для детектирования применяют также диоды, входящие в состав описанных ниже более сложных комбинированных ламп (например, двойные диоды в общем баллоне с триодом или пентодом).

Одноанодные высоковольтные кенотроны 1Ц7С и 1Ц11П с катодами прямого накала, а также кенотрон 1Ц21П применяют для получения высокого напряжения в телевизорах.

Двуханодные кенотроны предназначены для двухполупериодных выпрямителей, отдающих ток I_0 порядка десятков или сотен миллиампер. В выпрямителях массовых радиоприемников применяют кенатроны 5Ц4С и 6Ц4П.

Диоды 6Ц10П и 6Д20П разработаны специально для телевизоров. Такой диод работает в импульсном режиме и служит демпфером — электрическим буфером, сглаживающим колебания токов в отклоняющей системе кинескопа телевизора. Катоды этих ламп хорошо изолированы от подогревателя. Наибольшее импульсное напряжение между этими электродами для диода 6Ц10П 4,5 *кв*.

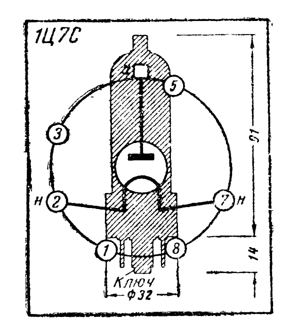
37-5. ТРИОДЫ

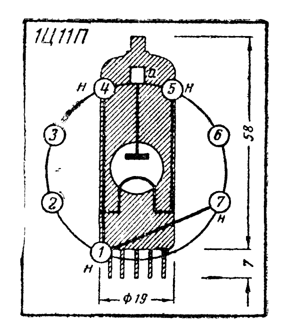
Триодом называется трехэлектродный ЭВП, состоящий из анода, катода и управляющей сетки, выполненной в виде круглой или сплюснутой спирали, размещенной между ними (рис. 37-6). В некоторых триодах современных конструкций сетка выполнена в виде штампованной из тонкого листового металла решетки. На анод лампы подается положительное по отношению к катоду напряжение; так как управляющая сетка размещена между анодом и катодом, то ее электрическое поле действует на поток летящих к аноду электронов сильнее, чем поле анода. Небольшие изменения напряжения между сеткой и катодом (его называют сокращенно напряжением на сетке) сильно влияют на анодный ток. Следовательно, сетка может служить «регулятором» анодного тока; поэтому она и называется управляющей.

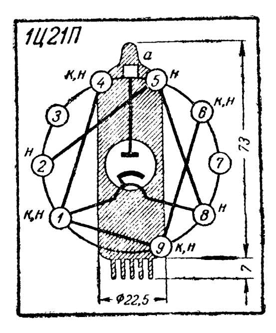
Таблица 37-1

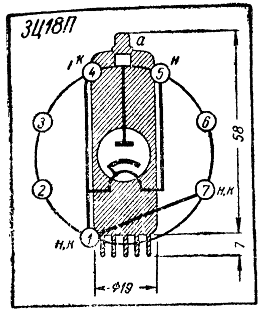
Диоды и кенотроны

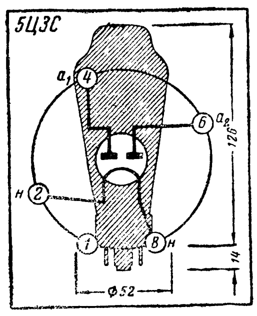
Тип лампы	1Ц7С	1Ц11П	1Ц21П	3Ц18П	5Ц3С	5Ц4М	5Ц4С	5Ц8С	5Ц9С	6Д20П	6Х2П	6Х6С	6Ц4П	6Ц10П
Количество анодов	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1
$U_н$, *в*	1,25	1,2	1,4	3,15	5	5	5	5	5	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,2	0,2	0,7	0,21	3	2	2	5	3	1,8	0,3	0,3	0,6	1,05
$U_{ma\cdot макс}$, *кв*	30	20	25	25	1,7	1,55	1,35	1,7	1,7	6,5	0,45	0,465	1	—
$U_{п\cdot макс}$, *в*	—	—	—	—	500	400	500	450	450	—	—	—	400	—
$I_{0\cdot макс}$, *ма*	2	0,3	0,6	15	250	140	125	420	75	220	17	16	190	120

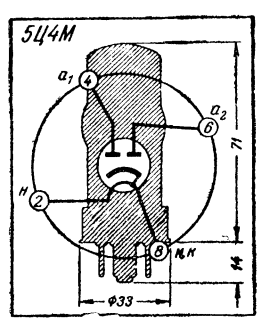


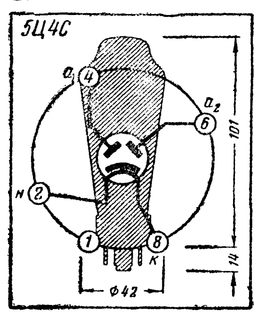


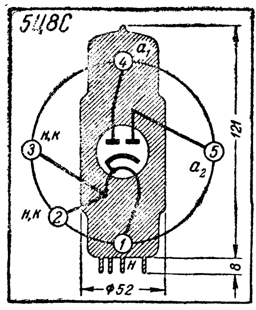


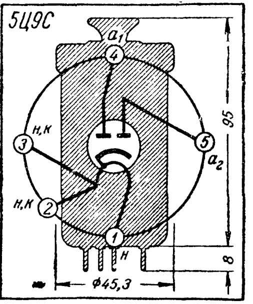

3Ц18П
a
к
н
н,к
н,к
58
7
Ф19

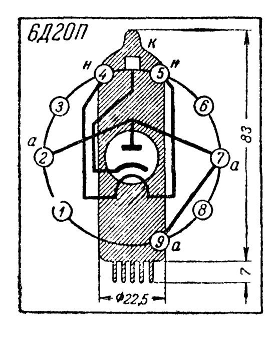

5Ц3С
a_1
a_2
н
н
126
14
Ф52

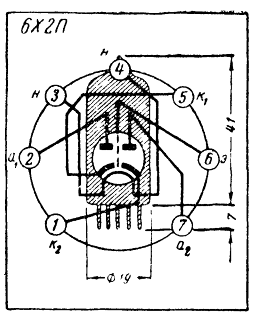

5Ц4М
a_1
a_2
н
н,к
71
14
Ф33

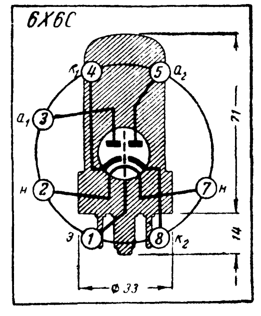

5Ц4С
a_1
a_2
н
к
101
14
Ф42

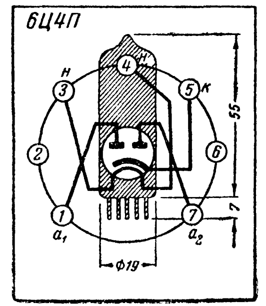

5Ц8С
a_1
н,к
н,к
a_2
н
121
8
Ф52

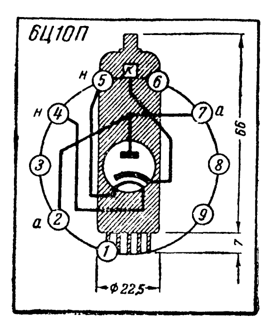

5Ц9С
a_1
н,к
н,к
a_2
н
95
8
Ф45,3


6Д20П
к
н
н
а
а
а
83
7
Ф22,5


6Х2П
н
н
$к_1$
a_1
э
$к_2$
a_2
41
7
Ф19


6Х6С
$к_1$
a_2
a_1
н
н
э
$к_2$
71
14
Ф33


6Ц4П
н
н
к
a_1
a_2
55
7
Ф19


6Ц10П
к
н
н
а
а
66
7
Ф22,5

Триод является **нелинейным прибором**. Это значит, что изменения токов и напряжений в его цепях не подчиняются закону Ома. Эти изменения описываются графиками, которые называются

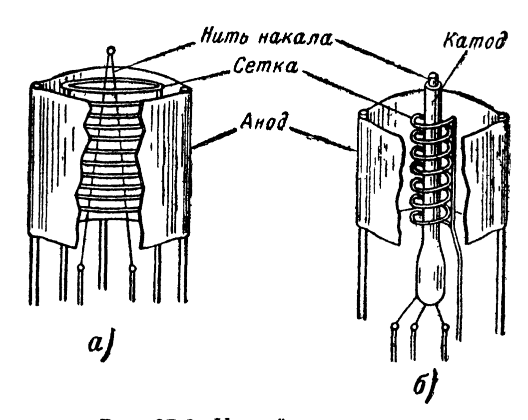


Рис 37-6 Устройство триодов.

а — прямого накала, *б* — подогревного.

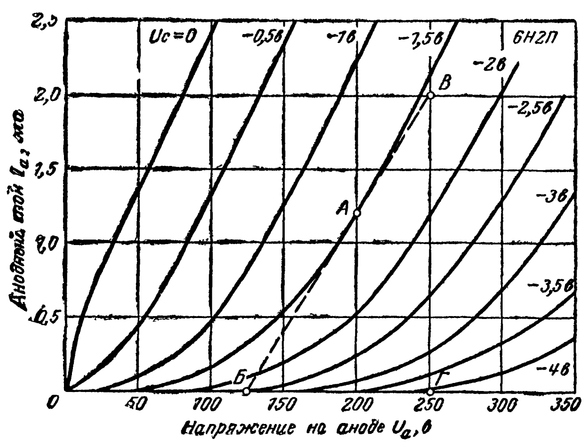


Рис 37-7. Анодные характеристики триода 6Н2П.

характеристиками лампы. Они изображают зависимость между анодным током $I_а$, анодным напряжением $U_а$ и напряжением на сетке $U_с$ Напряжения эти отсчитывают по отношению к катоду.

Так как зависимость между тремя величинами нельзя изобразить на плоском чертеже, то одну из них принимают постоянной и чертят график зависимости между двумя другими. Так получают, напри-

мер, **анодные (выходные) характеристики** (рис. 37-7), выражающие зависимость анодного тока от анодного напряжения при постоянных напряжениях U_c между сеткой и катодом. **Анодно-сеточной (проходной)** характеристикой триода называют зависимость анодного тока от напряжения на сетке при постоянном анодном напряжении (рис. 37-8). При малых отрицательных напряжениях на сетке анодный ток велик: при напряжениях от нуля до минус 1 *в* он превосходит 3,5 *ма* (на графике не показано).

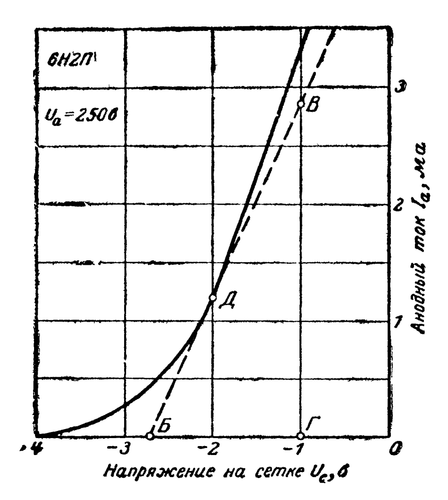


Рис. 37-8 Анодно-сеточная характеристика триода 6Н2П при $U_а$=250 *в*.

При увеличении отрицательного напряжения на сетке анодный ток уменьшается и при — 4 *в* прекращается.

Вместо слов «постоянное напряжение между сеткой и катодом» часто применяют термин «смещение на сетке», так как приложенное между сеткой и катодом напряжение смещает рабочую точку по характеристике.

Когда лампа используется для усиления, рабочая точка чаще всего выбирается на прямолинейной части анодно-сеточной характеристики. Такой режим работы называется режимом А. Для лампы 6Н2П этот режим соответствует смещению на сетке, равному по рекомендации изготавливающего ее завода 1,5 *в*. При работе электронной лампы в оконечном двухтактном каскаде (см. § 10-2) рабочая точка выбирается на нижнем сгибе характеристики (режим В).

Если отрицательное смещение на сетке превосходит (по абсолютному значению) 0,5—1 *в*, то в цепи управляющей сетки триода, усиливающего слабые сигналы, тока практически нет. При уменьшении отрицательного смещения до значений, близких к нулю, а также при положительном смещении на сетке в ее цепи возникает **сеточ-**

ный ток. Он увеличивается по мере перемещения рабочей точки в область положительных напряжений на сетке.

Крутизна характеристики S. По анодно-сеточной характеристике можно определить основной параметр лампы — крутизну характеристики. Для этого вычисляют, на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении напряжения на управляющей сетке на 1 *в*.

Определим, например, крутизну характеристики лампы 6Н2П при смещении на сетке, равном —2 *в* (рис. 37-8). Через точку характеристики *Д*, соответствующую смещению —2 *в*, проводим касательную (показана пунктиром) и отмечаем пересечения ее с горизонтальной осью графика (точка *Б*) и с одной из вертикальных линий масштабной сетки (точка *В*). Разделив величину анодного тока, соответствующего точке *В* (2,85 *ма*), на разность смещений в точках *Б* и *Г* (2,7—1=1,7 *в*), получим, что в точке со смещением —2 *в* крутизна характеристики $S=1{,}68$ *ма/в*. В таблицах справочных данных приводится значение крутизны характеристики в рабочей точке, рекомендованной заводом. В других рабочих точках крутизна характеристики будет иной.

Чем больше крутизна анодно-сеточной характеристики лампы, тем большее усиление сигнала дает каскад, в котором она работает.

Внутреннее сопротивление для переменного тока R_i. Этот параметр показывает, как влияет изменение напряжения на аноде лампы на ее анодный ток. Численно R_i равняется отношению изменения анодного напряжения к полученному при этом изменению анодного тока. Заметим, что сопротивление лампы постоянному току, равное частному от деления напряжения на аноде на анодный ток, не совпадает по величине с R_i.

Внутреннее сопротивление лампы R_i можно определить по двум анодно-сеточным характеристикам лампы, снятым для различных напряжений на аноде, или же по анодной характеристике. Определим, например, R_i лампы 6Н2П в точке *А*, соответствующей смещению на сетке —1,5 *в* и анодному напряжению 200 *в* (см. рис. 37-7). Проводим через эту точку касательную к характеристике до пересечения ее с горизонтальной осью напряжений (точка *Б*) и вертикальной линией масштабной сетки (точка *В*). Делаем отсчеты: напряжение в точке *Б* равно 125 *в*, в точках *В* и *Г* — 250 *в*. Разность напряжений 125 *в*. Ток в точке *В* равен 2 *ма*. Разделив 125 *в* на 2 *ма* (0,002 *а*), получим $R_i=62{,}5$ *ком*.

В других рабочих точках внутреннее сопротивление лампы отличается от вычисленного.

Внутреннее сопротивление R_i триодов различных типов лежит в пределах от сотен ом до десятков килоом.

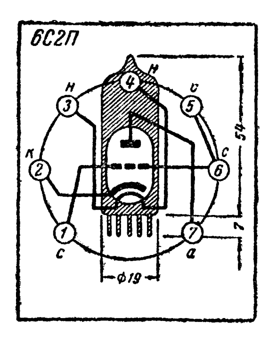
Статический коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз управляющая сетка действует на поток электронов сильнее, чем анод. Статический коэффициент усиления можно определить по характеристикам лампы или же вычислить по двум другим параметрам лампы. Он численно равен произведению крутизны характеристики на внутреннее сопротивление лампы:

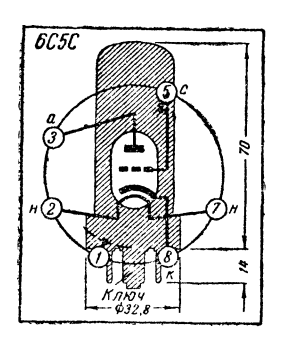
$$\mu = SR_i\,. \qquad (37\text{-}1)$$

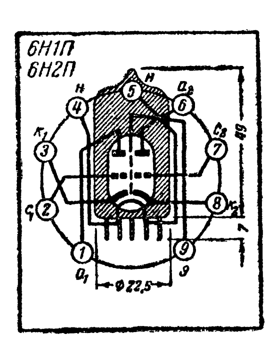
Эта формула связывает все три основных параметра лампы для одной и той же рабочей точки. При вычислении параметров по этой

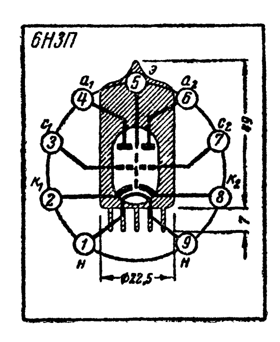
Триоды

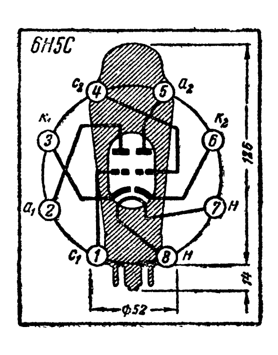
Тип лампы	Триоды		Двойные триоды										Триоды с диодами		
	6С2П	6С5С	6Н1П	6Н2П	6Н3П	6Н5С	6Н8С	6Н9С	6Н13С	6Н14П	6Н15П	6Н24П	6Г2	6Г3П	6Г7
$U_н$, *в*	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,4	0,3	0,6	0,34	0,35	2,5	0,6	0,3	2,5	0,35	0,45	0,3	0,3	0,45	0,3
$U_а$, *в*	150	250	250	250	150	90	250	250	90	90	100	90	250	250	250
$I_а$, *ма*	14	8	7,5	2,3	8,5	60	9	2,3	80	10,5	9	15	1,15	1	1,4
$U_с$, *в* ($R_к$)	100 *ом*	—8	600 *ом*	—1,5	—2	—30	—8	—2	30 *ом*	125 *ом*	50 *ом*	680 *ом*	—2	—3	—3
S, *ма/в*	11,5	2,2	4,35	2,1	5,9	4,45	2,6	1,6	5	6,8	5,6	12,5	1,1	1,3	1,3
μ	48	20	35	97	36	—	20,5	70	—	25	38	33	100	63	70
R_i, *ком*	—	9	7,6	46,5	6,1	0,6	7,9	44	0,46	3,68	6,8	—	91	48,5	54
$U_{а.макс}$, *в*	165	350	300	300	300	250	330	275	250	180	300	—	330	300	330
$P_{а\ макс}$, *вт*	2,5	2,75	2,2	1	1,5	13	2,75	1,1	13	1,5	1,6	1,8	—	1	1
$I_{к.макс}$, *ма*	—	—	25	10	18	—	20	—	—	—	—	—	5	—	—
$U_{к-п.\ макс}$, *в*	100	100	—	—	100	300	100	100	300	90	100	—	100	150	100
$R_{с.макс}$, *Мом*	0,25	—	—	—	1	1	—	0,47	1	1	0,1	—	—	2,2	—

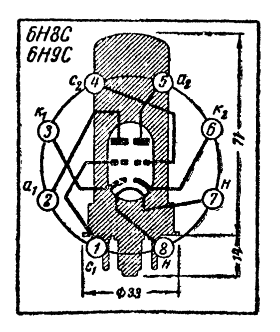

6С2П
н
с
к
с
с
а
54
7
ф19

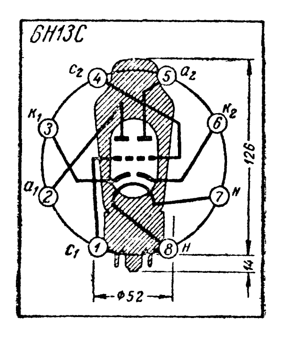

6С5С
с
а
70
н
н
14
к
Ключ
ф32,8

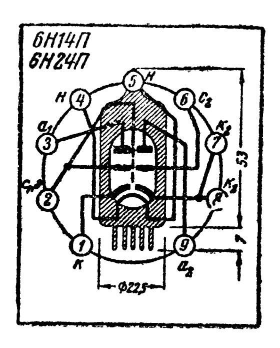

6Н1П
6Н2П
н
н
$а_2$
$к_1$
$с_2$
49
$с_1$
$к_2$
7
$а_1$
э
ф22,5

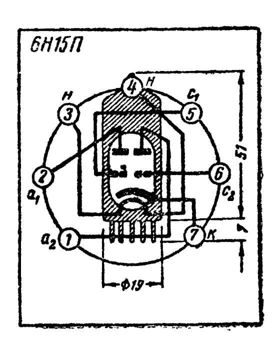

6Н3П
э
$а_1$
$а_2$
$с_1$
$с_2$
49
$к_1$
$к_2$
7
н
н
ф22,5

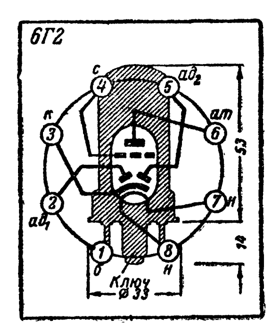

6Н5С
$с_2$
$а_2$
$к_1$
$к_2$
126
$а_1$
н
$с_1$
н
14
ф52

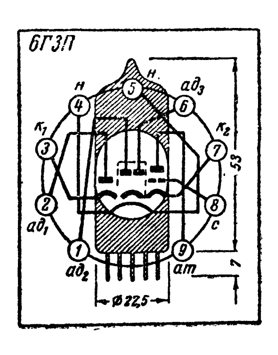

6Н8С
6Н9С
$с_2$
$а_2$
$к_1$
$к_2$
71
н
$а_1$
$с_1$
н
ф33

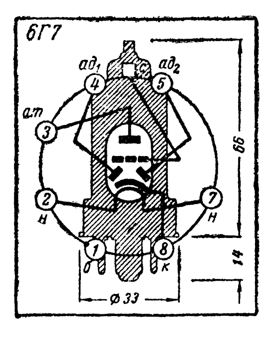

6Н13С
с2
4
5
а2
к1
3
6
к2
126
а1
2
7
н
с1
1
8
н
14
Φ52


6Н14П
6Н24П
5
н
н
4
6
с2
а1
3
7
к2
53
с1
2
к1
8
1
9
7
к
а2
Φ22,5


6Н15П
4
н
н
с1
3
5
51
2
6
а1
с2
а2
1
7
к
7
Φ19


6Г2
с
ад2
4
5
к
ат
3
6
53
2
7
н
ад1
14
1
8
0
н
Ключ
Φ33


6Г3П
н
н.
ад3
5
4
6
к1
к2
3
7
53
2
8
ад1
с
1
9
7
ад2
ат
Φ22,5


6Г7
ад1
с
ад2
4
5
ат
3
66
2
7
н
н
1
8
14
0
к
Φ33

формуле следует значение крутизны характеристики подставлять в *ма/в*, а внутреннее сопротивление — в килоомах.

Справочные данные триодов. Триоды применяются в радиолюбительской практике главным образом для усиления НЧ сигналов. В табл. 37-2 приведены данные наиболее распространенных триодов и комбинированных ламп, содержащих по два триода или триод с диодами. Все эти лампы имеют подогревные катоды.

В таблице указаны средние параметры ламп в типовом режиме (номинальное напряжение накала $U_н$, напряжение на аноде $U_а$, напряжение на сетке $U_с$), рекомендованном заводом для работы лампы в схеме с малым сопротивлением нагрузки анодной цепи постоянному току (первичная обмотка трансформатора, колебательный контур и т. п.).

Фактические величины $I_н$, S, μ и R_i у различных экземпляров ламп могут несколько отличаться от указанных. У ламп, проработавших в аппаратуре значительное время, может значительно снизиться крутизна характеристики S.

Для некоторых ламп вместо напряжения на сетке $U_с$ в той же графе таблицы указано сопротивление в омах резистора автоматического смещения $R_к$, который нужно включить в цепь катода для получения нужного напряжения смещения.

При работе лампы в схеме часть электрической энергии, получаемой от источника анодного питания, передается следующему каскаду или нагрузке усилителя (например, громкоговорителю). Другая часть энергии расходуется бесполезно — выделяется в виде тепла на аноде лампы. Для каждой лампы существует предельное (максимальное) значение мощности, рассеиваемой на аноде; оно обозначается $P_{а.макс}$. Превышение этого значения приводит к перегреву лампы и гибели ее.

Опасны для лампы также повышения свыше предельной величины напряжения на аноде $U_{а.макс}$ и тока в цепи катода $I_{к.макс}$.

Указанные в табл. 37-2 значения для двойных триодов относятся к каждой из входящих в их состав ламп.

Напряжение между катодом и подогревателем не должно превышать значения $U_{к\text{-}н.макс}$, в противном случае возможны пробой и повреждение катода.

Сопротивление резистора $R_с$, включенного в цепи управляющей сетки, не должно быть больше указанного в табл. 37-2, так как это может привести к нарушению работы лампы.

Триоды и двойные триоды можно разбить на две группы по их внутреннему сопротивлению R_i. К лампам с большим R_i и малым анодным током относятся 6Н2П, 6Н9С, 6Г2, 6Г3П, 6Г7. Две первые лампы обладают близкими параметрами и могут заменять одна другую (со сменой ламповой панели и изменением монтажа). В двухкаскадном *RC*-усилителе одна такая лампа может усилить сигнал в 1—2 тыс. раз. Три последние лампы представляют собой комбинации триода и двух или трех диодов. Триодные части их имеют близкие параметры. Лампы 6Г2 и 6Г7 имеют по два дополнительных диода, лампа 6Г3П — три диода. Последнюю можно применить вместо 6Г2 или 6Г7, но не наоборот.

В группу ламп с малым R_i и анодным током порядка 5—10 *ма* входят 6Н1П, 6Н3П, 6Н8С, 6С2П, 6С5С. Двойные триоды 6Н1П и 6Н8С близки по своим данным и поэтому взаимозаменяемы (с изменением монтажа). Лампа 6Н3П обладает повышенной крутизной

характеристики и работает при меньшем анодном напряжении, чем первые две. Ее часто применяют в телевизионных приемниках.

Триоды 6С2П и 6С5С используют в случаях, когда в схеме прибора имеется нечетное число триодов или применение двойного триода нецелесообразно.

Двойные триоды 6Н14П и 6Н24П предназначены для работы в усилителях ВЧ телевизионных приемников; они обладают повышенной крутизной характеристики и малым уровнем собственных шумов. Двойные триоды 6Н5С и 6Н13С предназначены главным образом для работы в электронных стабилизаторах напряжения.

Многие триоды, например 6Н15П и 6Н3П, используются не только в усилительных, но и в генераторных схемах, работающих на частотах до 100—150 *Мгц*, а также в импульсных режимах.

Междуэлектродные емкости. Триоды хорошо усиливают колебания НЧ, но на более высоких частотах начинает сказываться влияние междуэлектродных емкостей лампы: входной, выходной и проходной.

Входной емкостью лампы называют емкость между управляющей сеткой лампы и остальными («заземленными» для переменного тока) электродами. Для триода входной емкостью является емкость между сеткой и катодом.

Выходной емкостью триода является емкость анод — катод.

Проходная емкость — емкость анод—управляющая сетка. Все эти емкости невелики — всего по нескольку пикофарад. Но влияние их, особенно проходной емкости, значительно.

В усилительной схеме на триоде (см. рис. 9-1, *а*) параллельно резистору R_1 анодной цепи включены: 1) выходная емкость триода 2—3 *пф*; 2) емкость гнезд ламповой панели и проводов монтажа 5—10 *пф* и 3) динамическая входная емкость лампы следующего каскада. Слово «динамическая» здесь показывает, что имеется в виду емкость в рабочем режиме. Динамическая емкость $C_{дин}$ определяется по формуле

$$C_{дин} = C_{вх} + C_{пр}(K + 1)\,. \qquad (37\text{-}2)$$

Здесь $C_{вх}$ — входная емкость лампы следующего каскада; $C_{пр}$ — проходная емкость этой же лампы; K — коэффициент усиления следующего каскада (не путать со статическим коэффициентом усиления лампы!). Например, пусть в усилителе работает лампа 6Н9С, имеющая $C_{вх}=3$ *пф*; $C_{пр}=2{,}8$ *пф*; $C_{вых}=3{,}8$ *пф*. Примем $K=50$. При этом динамическая выходная емкость $C_{дин}=3+2{,}8\ (50+1)=145{,}8$ *пф*, а общая емкость, шунтирующая анодную нагрузку, составляет $145{,}8+$ $+3{,}8+10\approx160$ *пф*. Такая большая емкость пропустит через себя значительную часть токов верхних частот и тем самым уменьшит усиление на этих частотах. Заметим, что если бы не было проходной емкости, то общая шунтирующая емкость была бы всего лишь около 20 *пф*, т. е. в 8 раз меньше.

Проходная емкость представляет собой элемент цепи обратной связи: она передает часть энергии усиленного сигнала из анодной цепи в сеточную. Из-за этой обратной связи усилитель может, как говорят, самовозбудиться, в нем возникнут неуправляемые колебательные процессы. Усилитель превратится в генератор колебаний.

37-6. МАЛОМОЩНЫЕ ПЕНТОДЫ

Экранированная лампа. Вредное влияние проходной емкости значительно снижено в четырехэлектродных «экранированных» лампах (тетродах). Между анодом и управляющей сеткой такой лампы расположена дополнительная экранирующая сетка, на которую подано постоянное положительное относительно катода напряжение, ускоряющее электроны при движении их к аноду. Экранирующая сетка соединяется с шасси через конденсатор большой емкости и для переменных токов фактически заземлена. Это снижает проходную емкость в сотни раз. Поэтому экранированные лампы можно использовать на высоких частотах.

Пентод. Электроны, пролетевшие область управляющей сетки и дополнительно ускоренные экранирующей сеткой, с такой силой ударяются об анод, что могут выбить из него вторичные электроны. В те моменты времени, когда напряжение на экранирующей сетке выше, чем на аноде (что бывает при работе лампы с нагрузкой в анодной цепи), вторичные электроны будут попадать на экранирующую сетку. Ток в цепи экранирующей сетки увеличится, а ток в цепи анода упадет. Возникнут искажения. Для «перехвата» вторичных электронов между экранирующей сеткой и анодом помещают третью сетку, соединяя ее с катодом. Лампа с тремя сетками называется пентодом, поэтому и третью сетку называют пентодной или защитной.

Напряжение на экранирующей сетке $U_э$ должно быть, как правило, меньше анодного напряжения источника анодного питания $U_а$. Понижают напряжение чаще всего, включая между положительным полюсом этого источника и экранирующей сеткой резистор (см., например, рис. 4-4, 9-1, *б* и *в*). Часть электронов, вылетевших из катода, падает на экранирующую сетку, вследствие чего через упомянутый резистор течет ток экранирующей сетки $I_э$, создавая на нем падение напряжения.

Анодные характеристики пентода (рис. 37-9) отличаются от триодных. Наклон их очень мал, они идут почти параллельно оси напряжений. Внутреннее сопротивление пентодов очень велико; оно измеряется сотнями тысяч ом — мегомами. Коэффициент усиления у пентодов больше, чем у триодов.

Маломощные пентоды применяют в каскадах УВЧ и УПЧ, а также в НЧ каскадах предварительного усиления приемников. Эти пентоды выпускают с короткими анодно-сеточными характеристиками (рис. 37-10, кривая *а*) и удлиненными характеристиками (рис. 37-10, кривая *б*). У пентодов с короткой характеристикой расстояние между витками управляющей сетки по всей ее длине одинаково. Сетка пентода с удлиненной характеристикой выполнена иначе: в середине ее витки расположены редко, а по концам — густо. При большом отрицательном смещении на управляющей сетке электроны пролетают главным образом между редко расположенными витками сетки, при малом смещении — по всей ее длине. Поэтому анодно-сеточная характеристика имеет два участка: пологий — с малой крутизной и крутой — с большой крутизной. Такие лампы «с переменной крутизной характеристики» используют в схемах АРУ (см. разд. 8).

Справочные данные маломощных пентодов см. в табл. 37-3. Для некоторых ламп в графе $U_с$ (напряжение управляющей сетки) указано сопротивление в омах резистора $R_к$, который следует

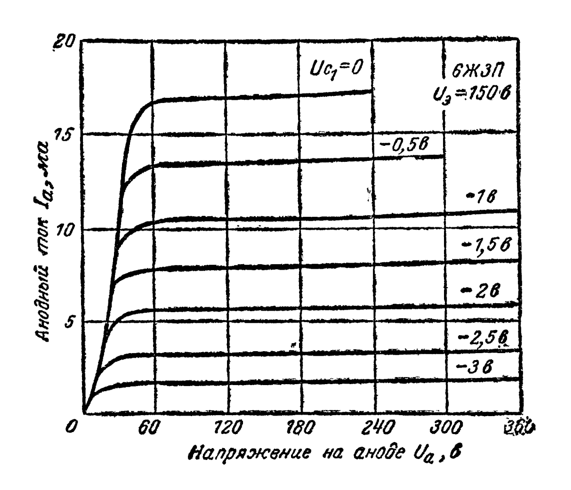


Рис. 37-9. Анодные характеристики пентода 6Ж3П.

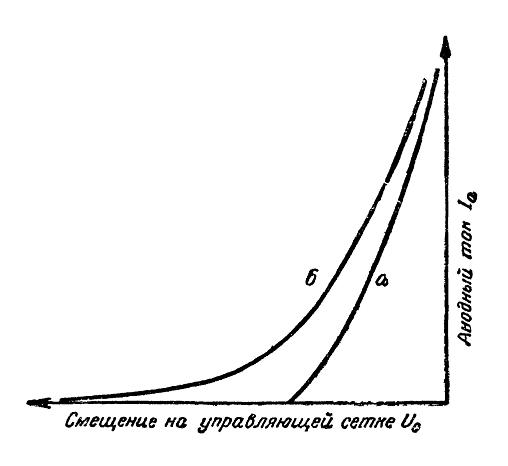


Рис. 37-10. Анодно-сеточные характеристики пентодов.

Тип лампы	06Ж6Б	06П2Б	1Б1П*	1Б2П*	1К1П	1К2П	СБ8**	6Ж1П
$U_н$, *в****	0,625	0,625	1,2	1,2	1,2	1,2	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,02	0,03	0,06	0,03	0,06	0,03	0,3	0,17
$U_а$, *в****	30	30	67,5	60	90	60	250	120
$I_а$, *ма*	0,15	0,09	1,6	0,9	3,5	1,35	10	7,35
$U_э$, *в****	30	30	67,5	45	67,5	45	125	120
$I_э$, *ма*	0,1	0,03	0,35	0,18	1,2	0,5	2,45	3
$U_с$, *в* ($R_к$)	0	0	0	0	0	0	—3	200 *ом*
S, *ма/в*	0,11	0,13	0,625	0,55	0,89	0,7	1,35	5,15
R_i, *Мом*	0,9	1,1	0,9	1	0,17	1,5	0,6	1
$U_{а.макс}$, *в*	35	35	100	90	100	90	275	200
$U_{э.макс}$, *в*	35	35	75	75	75	75	140	150
$I_{к.макс}$, *ма*	0,35	0,35	—	2	6,5	3,5	—	20
$R_{с.макс}$, *Мом*	2,7	—	1,0	2,7	1,0	2,7	—	1,0

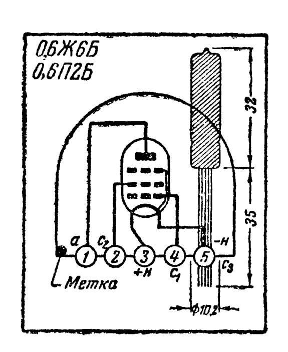
* Лампа с одним дополнительным диодом (диод-пентод).
** Лампа с двумя дополнительными диодами (двойной диод-пентод).
*** Режимы, при которых регламентируются указанные ниже параметры S, R_i.

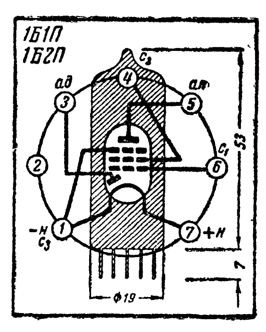
Таблица 37-3

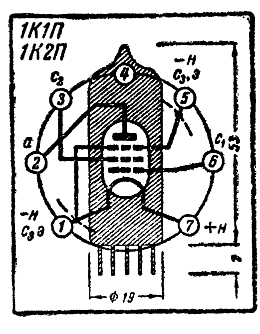
пентоды

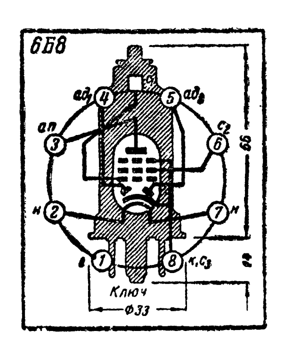
6Ж3П	6Ж4	6Ж5П	6Ж7	6Ж8	6Ж9П	6Ж32П	6К4	6К4П	6К7	6К13П
6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
0,3	0,45	0,45	0,3	0,3	0,3	0,2	0,15	0,3	0,3	0,3
300	250	300	250	250	150	250	250	250	250	200
7	10,25	9,5	2,1	3	15,5	3	11,8	10	7	12
150	100	150	100	100	150	140	125	100	100	90
2	2,2	3,5	0,6	0,8	4,5	1	4,4	3,7	1,65	4,5
200 *ом*	160 *ом*	—2	—3	—3	80	—2	—1	68 *ом*	—3	120 *ом*
5	9	9	1,22	1,65	17,5	1,8	4,7	4,4	1,45	12,5
0,8	1	0,24	1,2	2	0,15	2,5	0,9	0,45	1	0,5
330	330	300	330	330	250	300	330	300	330	250
165	165	150	140	140	160	200	220	125	140	250
—	—	—	—	—	35	6	—	20	—	20
0,47	—	1,0	—	—	1,0	2,7	—	0,47	—	1,0

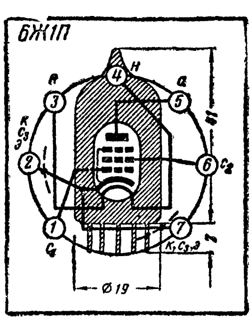
и величины $I_н$, $I_а$, $I_э$.

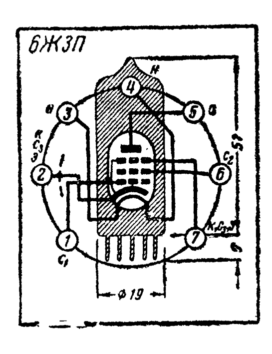

0,6Ж6Б
0,6П2Б
32
35
а
с2
-н
1 2 3 4 5
+н
с1
с3
Метка
Ф10,2

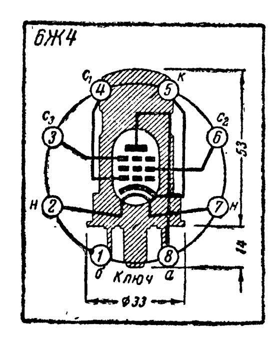

1Б1П
1Б2П
с3
ад
53
с1
-н
с3
+н
7
Ф19

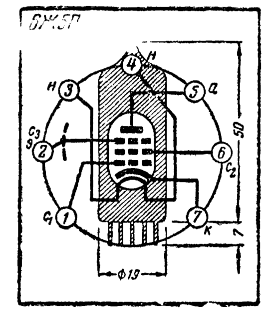

1К1П
1К2П
с2
-н
с3, э
с1
а
53
-н
с3 э
+н
Ф 19

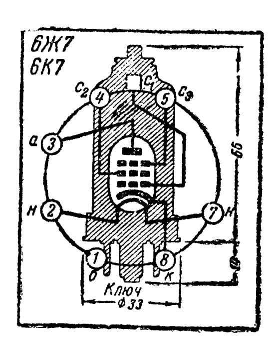

6Б8
ад1
ад2
ап
с2
н
н
к, с3
Ключ
Ф33

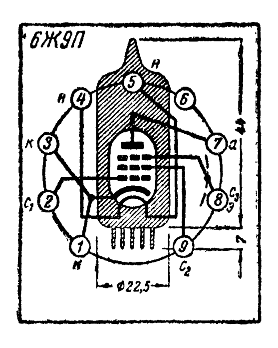

6Ж1П
н
а
к
с3
э
с2
с1
к, с3, э
7
Ø19

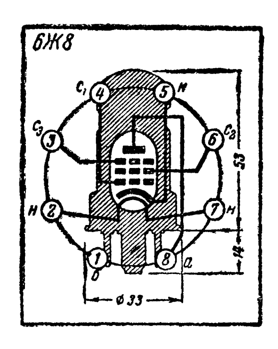

6Ж3П
н
н
а
к
с3
э
с2
57
к, с3, э
с1
Ф19

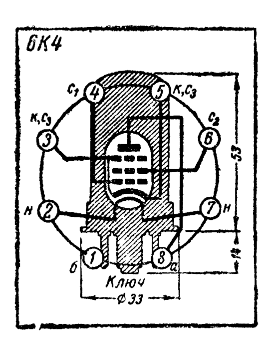

6Ж4
с1
к
с3
с2
53
н
н
14
б
Ключ
а
Ф33

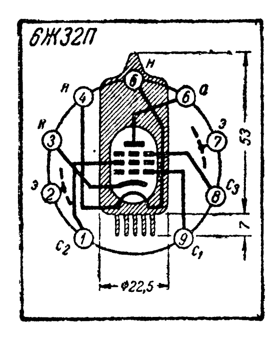

н
н
а
с3
э
50
с2
с1
к
7
Ф19

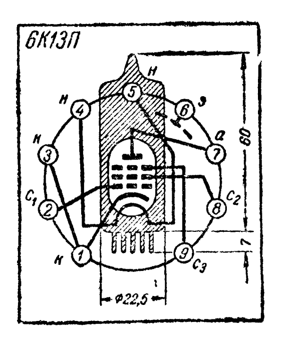

6Ж7
6К7
с2
с1
сэ
а
66
н
н
б
к
Ключ
Ф33

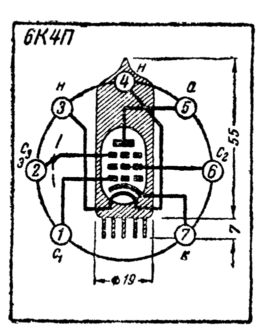

6Ж9П
Ф22,5


6Ж8
53
14
Ф 33


6К4
53
14
Ключ
Ф 33


6Ж32П
53
7
Ф22,5


6К13П
60
7
Ф22,5


6К4П
55
7
Ф19

включить в цепь катода для получения необходимого смещения на управляющей сетке. Как и для триодов, указаны средние величины S и R_i; фактические величины их могут несколько отличаться от указанных.

Для пентодов, помимо предельных напряжений на анодах $U_{а.макс}$, в таблице указаны также предельные напряжения на экранирующих сетках $U_{в.макс}$, которые нельзя превышать при использовании этих ламп в аппаратуре. Предельный ток катода $I_{к.макс}$ складывается из тока анода и тока экранирующей сетки.

Из числа указанных в таблице пентодов с катодами прямого накала, предназначенных для питания от батарей, самыми экономичными являются лампы 06Ж6Б и 06П2Б, требующие для накала мощности всего лишь 12,5 и 18,75 *мвт*. Они работают при очень низком анодном напряжении (30 *в*) и предназначены для слуховых аппаратов и других переносных устройств.

Диод-пентод 1Б1П и пентод с удлиненной характеристикой 1К1П менее экономичны по цепи накала. Они предназначаются для использования в радиовещательных приемниках с батарейным питанием. В 2 раза меньший ток накала требуется для почти аналогичных ламп 1Б2П и 1К2П, выпущенных позже, чем 1Б1П и 1К1П, для той же цели.

Пентоды с короткой характеристикой 6Ж7 и 6Ж8 (в металлическом баллоне), а также пальчиковый пентод 6Ж3П и двойной диод-пентод 6Б8 используются в первых каскадах усилителей НЧ с питанием от электросети. Высокочастотные каскады сетевых приемников и телевизоров работают большей частью на лампах 6К4П, 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж5П и 6Ж9П.

Пентод 6Ж32П предназначен для работы в первых каскадах звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуры.

При замене пентода одного типа другим нужно иметь в виду следующее: если крутизна характеристики заменяющего пентода меньше, чем заменяемого, то коэффициент усиления каскада уменьшится. Если новая лампа обладает большей крутизной характеристики, чем заменяемая, то и усиление будет больше, но возможно самовозбуждение схемы. Поэтому такая замена возможна не всегда. В усилителях НЧ пентоды с удлиненной характеристикой применять не рекомендуется. Обратная замена в усилителях ВЧ приводит обычно к ухудшению работы системы автоматической регулировки усиления.

При замене пентодов следует изменить монтаж в соответствии с цоколевкой новой лампы и резисторы в цепи катода и экранирующей сетки так, чтобы обеспечить необходимый режим.

37-7. ВЫХОДНЫЕ ТЕТРОДЫ И ПЕНТОДЫ

В оконечных каскадах усилителей НЧ и радиоприемников используют мощные пентоды и лучевые тетроды, способные отдавать в нагрузку значительную мощность. Конструкция мощных пентодов в принципе не отличается от конструкции маломощных — те же катод, три сетки и анод. Разница лишь в размерах электродов. Лучевые тетроды имеют лишь две сетки — управляющую и экранирующую (рис. 37-11). Витки их расположены точно друг против друга. При этом электроны летят отдельными лучами, откуда и произошло название лампы. В тетродах такой конструкции удается

избежать вредного влияния вторичных электронов, применяя так называемые лучеобразующие пластины. Мощные лучевые тетроды и пентоды часто объединяют общим названием выходные (или оконечные) лампы.

Указанное в табл. 37-4 сопротивление нагрузки анодной цепи $R_а$ является наивыгоднейшим, рекомендованным заводом-изготовителем, при котором в анодной цепи лампы развивается номинальная выходная мощность $P_{ном}$ при наименьшем коэффициенте нелинейных искажений γ. Нагрузкой для выходной лампы усилителя НЧ является выходной трансформатор с присоединенным к нему динамическим громкоговорителем (см. разд. 10). Трансформатор преобразует небольшое сопротивление громкоговорителя $r_{гр}$ в значительно большее эквивалентное сопротивление $R_а$ анодной цепи лампы. В графе $U_{c\sim}$ указано действующее значение напряжения переменного тока синусоидальной формы, которое следует подвести к управляющей сетке для получения номинальной выходной мощности; оно равно 0,707 амплитудного значения переменного напряжения синусоидальной формы.

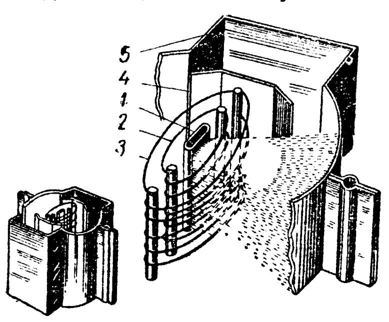


Рис. 37-11. Конструкция лучевого тетрода.

1 — катод; 2 — управляющая сетка; 3 — экранирующая сетка; 4 — лучеобразующие (защитные) пластины; 5 — анод.

Вследствие потерь в выходном трансформаторе оконечного каскада мощность, фактически отдаваемая этим каскадом громкоговорителю, всегда меньше указанной в табл. 37-4 мощности, развиваемой в анодной цепи лампы (см. табл. 10-1 на стр. 129).

Значения остальных величин, приведенных в табл. 37-4, см. в § 37-5 и 37-6.

Пентоды 06П2Б и 1П2Б с катодом прямого накала принадлежат к экономичной серии ламп. У лучевых тетродов 2П1П и 2П2П (также батарейных) половины нити накала можно включать параллельно для питания от батареи напряжением 1,2—1,4 *в* или последовательно. В последнем случае напряжение батареи должно быть вдвое больше, но ток накала снижается вдвое.

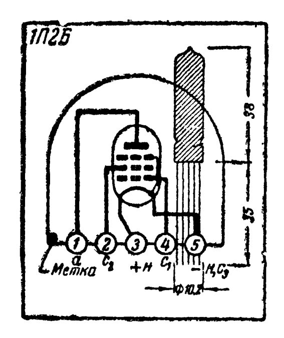
Наиболее часто в оконечных каскадах современных радиовещательных приемников и телевизоров используют пентод 6П14П. Бывающая у нас в продаже, выпускаемая Народным предприятием Чехословакии лампа EL84 обладает аналогичными параметрами. Иногда применяется здесь и пентод 6П18П, предназначенный в основном для усилителя кадровой развертки телевизоров. В оконечных каскадах приемников и усилителей, выпускавшихся до 60-х годов, обычно применялся лучевой тетрод 6П6С, его пальчиковый аналог 6П1П или более мощный лучевой тетрод 6П3С.

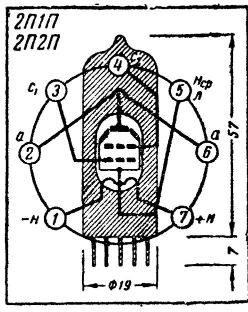
Пентоды 6П15П и более старый 6П9 предназначены для работы в оконечном каскаде видеоусилителя телевизора.

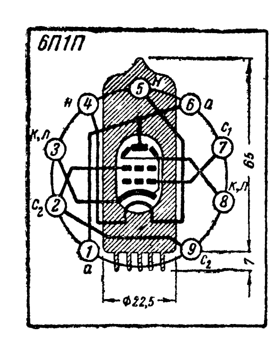
Таблица 37 4

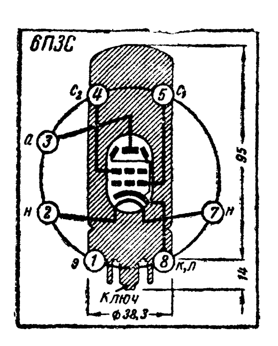
Выходные тетроды и пентоды

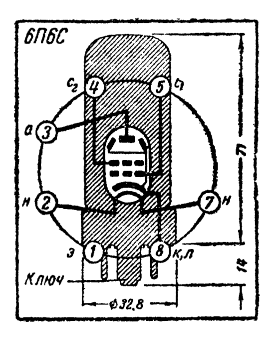
Тип лампы	1П2П	2П1П	2П2П		6П1П	6П3С		6П6С		6П9	6П14П		6П15П	6П18П	EL 84
$U_н$, *в*	1,25	1,2	1,2		6,3	6,3		6,3		6,3	6,3		6,3	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,05	0,12	0,06		0,5	0,9		0,45		0,65	0,76		0,76	0,76	0,76
$U_а$, *в*	45	90	60	90	250	250	350	170	250	300	250	250	300	170	250
$I_а$, *ма*	1,3	9,5	3,8	5	44	72	54	34	50	30	50	52	30	53	48
$U_э$, *в*	45	90	60	90	250	250	250	170	250	150	250	250	150	170	250
$I_э$, *ма*	0,45	2,2	0,8	1,4	7	5	2,5	4	7,2	6,5	7,1	7,6	4,5	8	5,5
$U_с$, *в* ($R_к$)	—2	—4,5	—3,5	—7	—12,5	—14	—18	—8,5	—12,5	—3	—6	—6	75 *ом*	110 *ом*	—7,5
$U_{с\approx}$, *в*	1,41	3,2	2,5	3,7	8,8	9,8	12,8	6	8,8	2,1	3,4	4,2	—	—	4,0
S, *ма/в*	0,35	1,7	1,1	—	4,9	6	5,2	3,7	4,1	11,7	11,3	—	14,7	11	11
R_i, *Мом*	—	—	120	—	47,5	22,5	33	58	52	80	20	—	100	22	50
$R_а$, *ком*	50—60	10	20	15	5	2,5	4,2	5	5	10	5,2	4	—	—	5,2
$P_{ном}$, *вт*	0,008	0,21	0,05	0,2	3,8	6,5	10,8	2	4,5	2,4	4,5	5,7	—	—	5,7
γ, %	12	7	—	10	14	10	15	8	8	3,5	6,5	10	—	—	—
$U_{а.макс}$, *в*	50	100	90		250	400		350		330	300		330	250	300
$U_{э.макс}$, *в*	50	100	90		250	300		310		330	250		330	250	300
$P_{а.макс}$, *вт*	0,05	1,1	0,4		12	20,5		13,2		9	12		12	12	12
$I_{к.макс}$, *ма*	—	15,5	7		70	90		—		—	65		90	57	—
$R_{с.макс}$, *Мом*	—	0,47	2,0		0,47	0,47		—		—	1,0		1,0	1,0	1,0

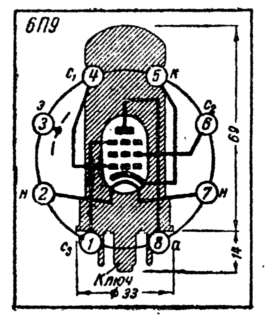

1П2Б
а
Метка
c_2
+н
c_1
н,c_3
Ф10,2
38
35

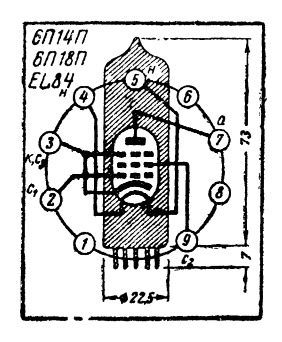

2П1П
2П2П
c_1
а
-н
Нср
л
а
+н
57
7
Ф19

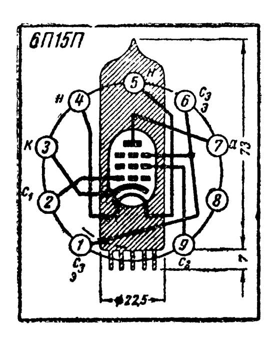

6П1П
н
К,Л
c_2
а
а
c_1
К,Л
c_2
65
7
Ф22,5


6П3С
c_2
c_1
а
н
н
э
К,Л
Ключ
95
14
Ф38,3


6П6С
c_2
c_1
а
н
н
э
К,Л
Ключ
71
14
Ф32,8


6П9
c_1
К
э
c_2
н
н
c_3
а
Ключ
69
14
Ф33


6П14П
6П18П
EL84
н
н
а
К,c_3
c_1
c_2
73
7
Ф22,5


6П15П
н
н
c_3
э
К
а
c_1
c_3
э
c_2
73
7
Ф22,5

При замене выходных ламп лампами других типов следует обязательно подбирать смещение на сетке (или сопротивление резистора в цепи катода), так как при неверном выборе его лампа может быстро выйти из строя.

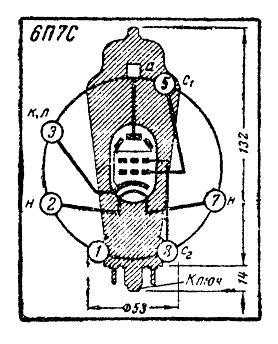
37-8. ЛАМПЫ ДЛЯ УСИЛИТЕЛЕЙ СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗОРОВ

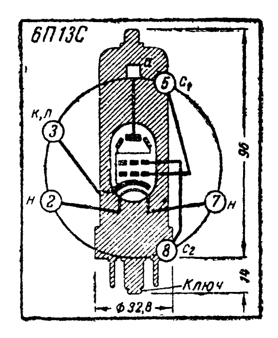
В выходных (оконечных) каскадах усилителей строчной развертки телевизоров используют мощные лампы, специально разработанные для работы в импульсном режиме (см. табл. 37-5). В телевизорах с кинескопами, имеющими угол отклонения электронного луча 70° (см. § 37-10), работают лучевые тетроды 6П13С: для разверток кинескопов с углом отклонения 110° предназначены лампы 6П31С. Вместо ламп 6П13С и 6П31С с 1964 г. начат выпуск ламп 6П36С, обладающих более надежной конструкцией. Лучевой тетрод 6П20С разработан специально для схемы разверток приемников цветного телевидения. Лампа 6П7С является анологом лучевого тетрода 6П3С, но вывод у лампы 6П7С сделан в виде колпачка наверху баллона. Для этих ламп, кроме предельных напряжений питания $U_{а.макс}$, $U_{э.макс}$, постоянной составляющей анодного тока $I_{а.макс}$ и рассеиваемой мощности $P_{а.макс}$, регламентируются также максимальные импульсные величины: $U_{а.и.макс}$ — напряжение на аноде, $U_{с.и.макс}$ — отрицательное напряжение на управляющей сетке и $I_{к.и.макс}$ — ток катода (табл. 37-5).

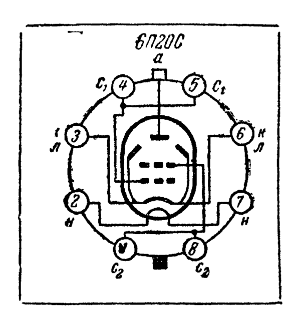
Таблица 37-5

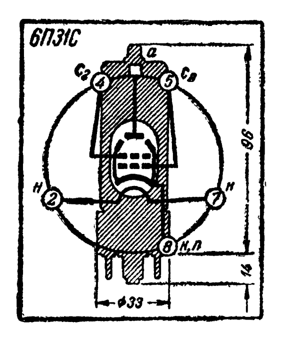
Лампы для усилителей строчной развертки

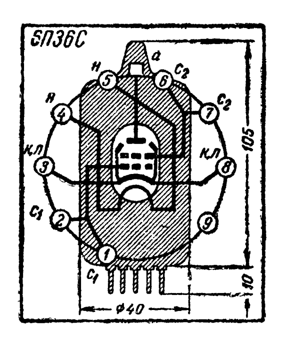
Тип лампы	6П7С	6П13С	6П20С	6П31С	6П36С
$U_н$, *в*	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,9	1,3	2,5	1,3	2,0
$U_а$, *в*	250	200	175	100	100
$I_а$, *ма*	72	58	90	80	120
$U_э$, *в*	250	200	175	100	100
$I_э$, *ма*	8	8	6	8,5	—
$U_с$, *в*	—14	—19	—30	—9	—7
S, *ма/в*	5,9	9,5	8,5	12,5	20
R_i, *ком*	32,5	25	7	4	4,5
$U_{а.макс}$, *в*	500	450	450	300	250
$U_{а и макс}$, *кв*	6	8	6,8	7	7
$I_{а.макс}$, *ма*	100	—	200	—	—
$P_{а.макс}$, *вт*	20	14	23	10	12
$U_{э.макс}$, *в*	350	450	200	250	250
$U_{с.и.макс}$, *в*	—400	—150	—200	—150	—250
$R_{с.макс}$, *Мом*	1,0	—	0,47	—	0,47
$I_{к.и.макс}$, *ма*	—	400	—	600	


6П7С
а
5
С1
К,Л
3
132
Н
2
7
Н
1
8
С2
14
Ключ
Ф53


6П13С
а
5
С1
К,Л
3
96
Н
2
7
Н
8
С2
14
Ключ
Ф32,8


6П20С
а
С1
4
5
С1
3
Л
6
К
Л
2
Н
7
Н
8
С2
С2


6П31С
а
С2
4
5
С2
96
Н
2
7
Н
8
К,Л
14
ф33


6П36С
а
Н
5
6
С2
Н
4
7
С2
105
К,Л
3
8
К,Л
С1
2
9
1
С1
10
ф40

37-9. ЧАСТОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ЛАМПЫ

Для преобразования частоты сигнала в супергетеродинах (см. разд. 5) применяют специальные многосеточные и комбинированные лампы (табл. 37-6).

Гептод — пятисеточная лампа — является простейшим преобразователем частоты. Сигнал принимаемой частоты здесь подводится к третьей, считая от катода, сетке. Эта сетка называется сигнальной. Вторая и четвертая сетки соединены вместе и служат сложной экранирующей сеткой; на них подается постоянное положительное напряжение. Одновременно эти сетки являются анодом гетеродина, вырабатывающего колебания вспомогательной частоты, необходимые для процесса преобразования. Первая сетка служит управляющей для схемы гетеродина, а пятая (подобно третьей в пентоде) соединена с катодом.

Гептоды 6А7 и 6А2П (с подогревными катодами) и 1А1П и 1А2П (с катодами прямого накала) получили широкое распространение. В современных приемниках используют более совершенные комбинированные преобразовательные подогревные лампы 6И1П и батарейные 1И2П. В баллоне лампы 6И1П помещены триод и гептод с общим катодом, в баллоне 1И2П — триод и гептод с общим катодом, в баллоне 1И2П — триод и четырехсеточная лампа гексод.

Лампы 6Ф1П, 6Ф3П, 6Ф4П или 6Ф5П представляют собой триод и пентод, объединенные в одном баллоне. Чаще всего их применяют для следующих целей: 6Ф1П — для преобразования частоты, 6Ф3П — для усиления НЧ, а также в каскаде кадровой развертки кинескопов с углом отклонения 110° (см. § 37-10), 6Ф4П — в видеоусилителе телевизионного приемника. Параметры частотопреобразовательных и других комбинированных ламп приведены в табл. 37-6; для их триодных частей — в столбцах, обозначенных буквой Т, для пентодных — буквой П, для гексодных или гептодных частей — буквой Г.

Крутизна преобразования $S_{пр}$ показывает, как зависит в реальной схеме ток промежуточной частоты от напряжения сигнала, приложенного к управляющей сигнальной сетке лампы. Допустимый ток катода $I_{к.макс}$ является суммой токов всех электродов (для комбинированной лампы — суммой токов электродов соответствующей части ее).

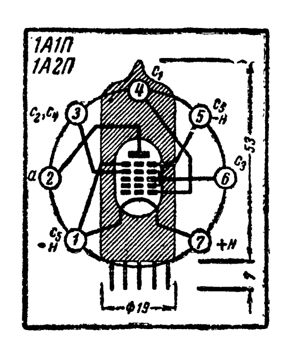
37-10. КИНЕСКОПЫ

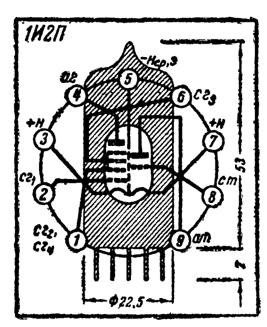
Кинескопом называют ЭВП, предназначенный для получения изображения в телевизионном приемнике (рис. 37-12). Подогревный катод окружен цилиндрическим модулятором (управляющим электродом) *М*. Поток электродов, создаваемый катодом, проходит через отверстие в модуляторе. Эти электроды совместно с ускоряющим электродом *у* и первым анодом a_1 образуют электронный прожектор. Он собирает поток электронов в узкий пучок (электронный луч) *Л*, который направляется к экрану *Э*. Последний соединен проводящим покрытием (аквадаг) *п* с выводом второго анода a_2, на который подано высокое положительное напряжение. Экран покрыт люминофором — специальным составом, который светится под ударами электронов. На нем возникает светящееся пятно, которое можно превратить в точку, устанавливая напряжение на пер-

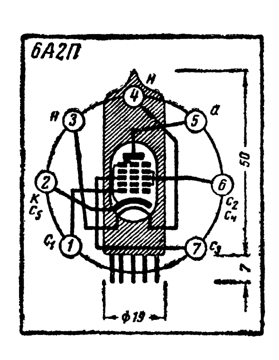
Таблица 37-6

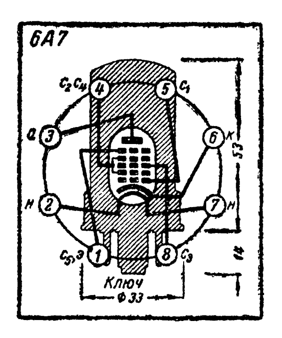
Частотопреобразовательные и комбинированные лампы

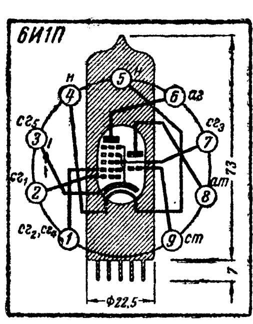
Тип лампы	Гептоды		Триод-гексод		Гептоды		Триод-гептод		Триод-пентоды							
	1А1П	1А2П	1И2П		6А2П	6А7	6И1П		6Ф1П		6Ф3П		6Ф4П		6Ф5П	
$U_н$, *в*	1,2	1,2	1,2		6,3	6,3	6,3		6,3		6,3		6,3		6,3	
$I_н$, *а*	0,06	0,03	0,06		0,03	0,03	0,3		0,43		0,85		0,72		0,9	
			Т	Г			Т	Г	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П
$U_а$, *в*	90	60	60	60	250	250	100	200	100	170	170	170	200	170	100	185
$I_а$, *ма*	0,64	0,7	1,05	0,55	3	3,5	13,3	3,25	13	10,5	2,5	41	3	18	5,5	41
$U_э$, *в*	45	45	—	45	100	100	—	114	—	170	—	170	—	170	—	185
$I_э$, *ма*	—	1,1	—	0,7	7	9	—	7,2	—	4	—	14	—	7	—	2,7
$U_с$, *в* ($R_к$)	0	0	0	0	—1,5	0	150 *ом*		—2	—2	—1,5	—11,5	600 *ом*	100 *ом*	160 *ом*	340 *ом*
$S_{пр}$, *ма/в*	0,25	0,24	—	0,23	0,3	0,45	—	0,75	—	2	—	—	—	—	—	—
S, *ма/в*	—	—	1	0,75	—	—	0,7	6,2	5	6,2	2,5	7	4	11	7	7,5
R_i, *ком*	—	—	—	650	800	1 000	—	1 000	—	400	—	15	16	100	—	23
μ	—	—	25	—	—	—	20	—	20	—	70	—	65	—	70	—
$R_{с.макс}$, *ком*	100	—	47	2 700	—	20	47	47	470	1 000	1 000	470	1 000	1 000	250	—
$U_{а.макс}$, *в*	100	250	90	90	330	300	250	250	250	250	250	275	250	250	—	300
$U_{э.макс}$, *в*	75	90	—	75	110	110	—	200	—	200	—	250	—	250	—	250
$I_{к.макс}$, *ма*	6,5	3	2,5	2,5	14	15,5	14	14	14	14	15	60	12	40	15	75
$P_{а.макс}$, *вт*	—	0,3	0,25	0,3	1,1	1,1	0,8	1,7	1,5	2,5	1,0	8,0	1,0	4,0	0,5	9

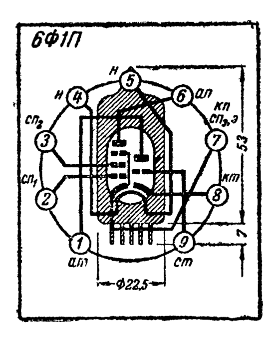

1А1П
1А2П

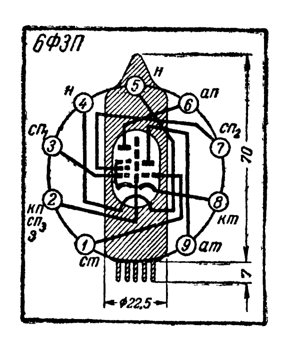

1И2П

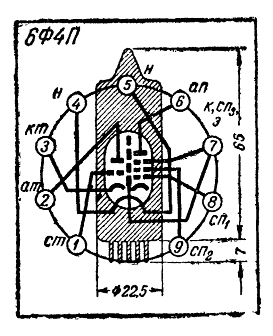

6А2П

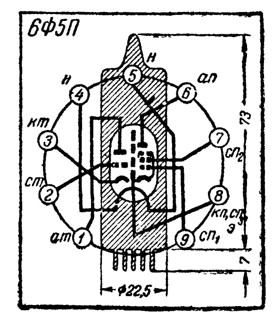

6А7
Ключ


6И1П


6Ф1П


6Ф3П


6Ф4П


6Ф5П

вом аноде и на ускоряющем электроде. Такую фокусировку называют электростатической. В некоторых кинескопах применяют электромагнитную фокусировку с помощью надеваемой на горловину кинескопа фокусирующей катушки, через которую пропускают постоянный ток.

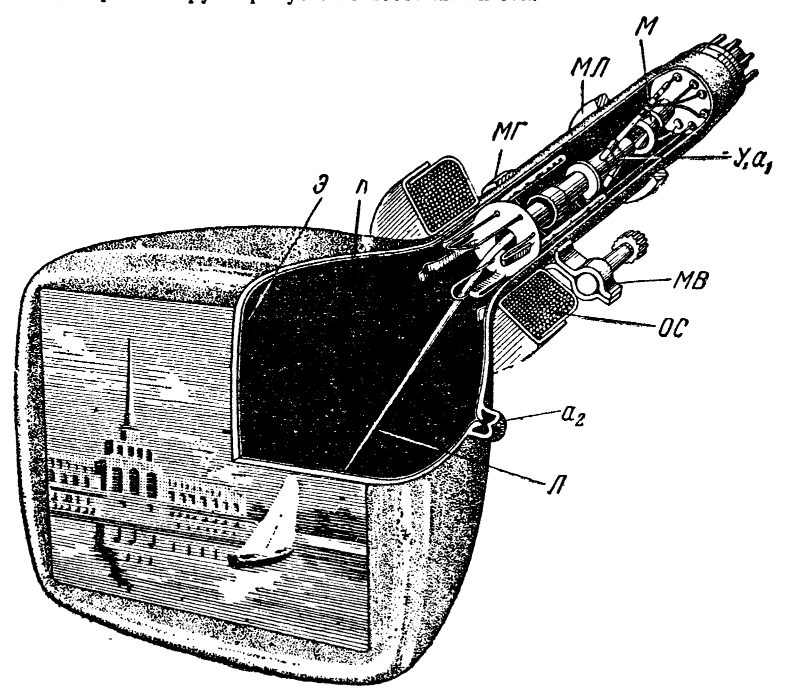


Рис. 37-12. Кинескоп.

Яркость пятна на экране можно изменять, регулируя напряжение между катодом и управляющим электродом (модулятором). При этом изменяется количество электронов, проходящих через отверстие в последнем. При некотором отрицательном напряжении, называемом запирающим, электронный поток полностью прекращается и светящаяся точка на экране исчезает.

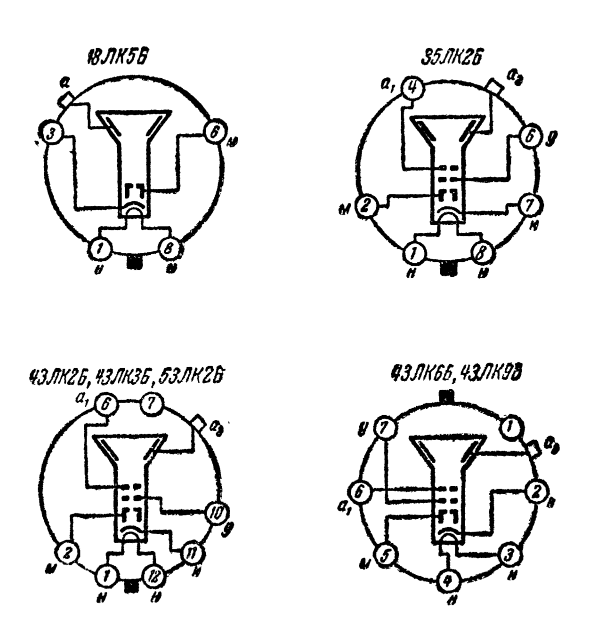
Для получения изображения светящуюся точку необходимо передвигать по экрану определенным образом. Для этого служит отклоняющаяся система *ОС* в виде двух катушек, надеваемых на горловину кинескопа. Через них пропускаются переменные пилообразные токи, частота которых синхронизирована электрическими сигналами передатчика принимаемой телевизионной станции (см. разд. 2 и 13).

Вблизи горловины кинескопа укреплены два небольших постоянных магнита *МГ* и *МВ* (рис. 37-12). Они служат для точной уста-

Таблица 37-7

Кинескопы

Тип кинескопа	18ЛК5Б	35ЛК2Б	43ЛК2Б	43ЛК3Б	43ЛК6Б	43ЛК9Б	53ЛК2Б
Размер изображения, *мм*	100×135	217×288	270×360	270×360	270×360	297×375	340×480
Угол отклонения луча, *град*	52	70	70	70	110	110	70
Фокусировка	Магнитная	Электростатическая					
Напряжение накала, *в*	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Ток накала, *а*	0,55	0,6	0,66	0,6	0,55	0,6	0,6
Напряжение второго анода, *кв*	4	12	14	14	14	14	16
Напряжение ускоряющего электрода, *в*	—	300	300	300	300	300	300
Запирающее отрицательное напряжение модулятора, *в*	25—75	30—90	30—90	30—90	30—90	30—90	30—90



новки изображения на экране. На горловину надевается также кольцеобразный постоянный магнит *МЛ* ионной ловушки. Это устройство служит для разделения потоков электронов и ионов, летящих к экрану, и отклонения в сторону разрушающих экран ионов (ионы возникают внутри баллона кинескопа вследствие «бомбардировки» электронами пучка оставшихся внутри баллона молекул газа).

Наибольший угол между двумя крайними положениями электронного пучка называется углом отклонения. В кинескопах ранних выпусков он равнялся 52 или 70°. В телевизорах, выпускаемых в последние годы, используют кинескопы с углом отклонений 110° (табл. 37-7).

37-11. ЛАМПЫ ДЛЯ УКВ ПЕРЕДАТЧИКОВ

В радиолюбительских УКВ передатчиках применяют двойные лучевые тетроды ГУ-17, ГУ-32. Указанные в табл. 37-8 для этих ламп величины $I_а$ и $I_э$ являются суммарными токами обоих анодов и экранирующих сеток; $P_{а.макс}$ — предельной мощностью рассеяния на двух анодах; $P_{вых}$ — выходная мощность колебаний ВЧ в указанном режиме; $f_{макс}$ — наибольшая частота, на которой лампа может генерировать колебания.

Внутри баллона лампы ГУ-32 имеется конденсатор, блокирующий экранирующую сетку на катод.

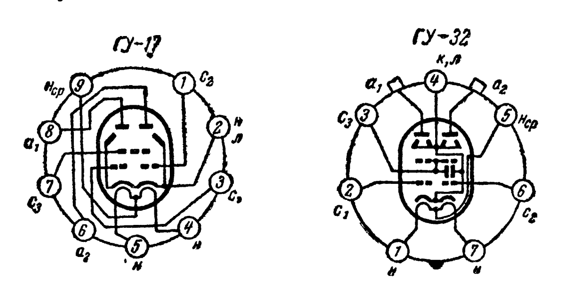
В маломощных каскадах УКВ передатчиков, особенно 10-метрового диапазона, часто применяют обычные приемно-усилительные лампы (см. разд. 20).

Таблица 37-8

Лампы для УКВ передатчиков

Тип лампы	ГУ-17	ГУ-32	
$U_н^*$, *в*	6,3/12,6	6,3/12,6	
$I_н^*$, *а*	0,8/0,4	1,6/0,8	
$U_а$, *в*	300	400	600
$I_а$, *ма*	85	90	36
$U_э$, *в*	200	250	200
$I_э$, *ма*	—	11	16
$U_с$, *в*	—80	—	—65
S, *ма/в*	2,8	—	3,5
$P_{вых}$, *вт*	11	14	17
$U_{а.макс}$, *в*	400	750	750
$U_{э.макс}$, *в*	250	250	250
$P_{а.макс}$, *вт*	12	15	15
$f_{макс}$, *Мгц*	250	200	200

* Величины, указанные первыми, соответствуют параллельному соединению половин нити накала, а вторыми — последовательному.

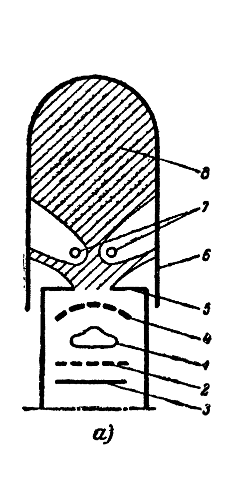


37-12. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭВП

В радиоприемниках и другой радиотехнической аппаратуре используют вспомогательные ЭВП, не принимающие непосредственного участия в обработке принятого сигнала: электронно-световые индикаторы (указатели) настройки, стабилитроны и др.

Электронно-световым индикатором настройки называется ЭВП, который служит для определения правильности настройки приемника. Его особенностью является наличие экрана, светящегося под ударами электронов. В современных приемниках применяют преимущественно электронно-световой индикатор типа 6Е1П. Как и другие ЭВП подоб-

ного назначения, он состоит из двух частей — триодной и индикаторной, имеющих общий подогревный оксидный катод *1* (рис. 37-13). Управляющая сетка *2* и анод *3* относятся к триодной части. Электроды индикаторной части — экранирующая сетка *4* и ускоряющий электрод *5*, имеющий форму рамки со щелью, — формируют электронный поток прямоугольного сечения, движущийся в направлении экрана *6*. На пути потока установлены управляющие электроды *7*, имеющие вид стержней; они соединены с анодом триодной части лампы.



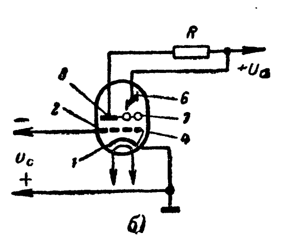


Рис. 37-13. Электронно-световой индикатор 6Е1П.

а — схема расположения электродов; *б* — схема включения.

1 — катод; *2* — управляющая сетка; *3* — анод; *4* — экранирующая сетка; *5* — ускоряющий электрод; *6* — экран; *7* — управляющие электроды; *8* — светящийся сектор экрана.

Экран соединен с положительным полюсом источника анодного напряжения непосредственно (рис. 37-13, *б*), а анод и управляющие электроды — через резистор *R*. На резисторе *R* создается падение напряжения. Поэтому потенциал управляющих электродов оказывается ниже потенциала экрана. Разность потенциалов между ними зависит от анодного тока, который определяется смещением на управляющей сетке, поступающим от детектора приемника (см. § 8-2). При малом смещении U_c (приемник не настроен на станцию) анодный ток велик, разность потенциалов между экраном и анодом значительна и управляющие электроды интенсивно отталкивают летящие к экрану электроны. В этом случае светится лишь узкая полоска в середине экрана. При точной настройке приемника отрицательное смещение, управляющее индикатором, увеличивается, анодный ток падает и светящийся сектор *8* расширяется.

Электронно-световой индикатор размещается у передней панели приемника так, чтобы светящаяся часть экрана была видна при настройке.

В табл. 37-9 символами $U_{экр}$ и $I_{экр}$ обозначены соответственно напряжение и ток экрана. Остальные обозначения согласно § 37-5; при этом указанные в таблице величины $U_а$, $I_а$ и $I_{экр}$ соответствуют случаю, когда экран индикатора почти не освещен.

С т а б и л и т р о н ы — газонаполненные двухэлектродные приборы, предназначенные для получения неизменных напряжений постоян-

Таблица 37-9

Электронно-световые индикаторы настройки

Тип лампы	6Е1П	6Е5С
$U_н$, *в*	6,3	6,3
$I_н$, *а*	0,3	0,3
$U_а$, *в*	100	250
$I_а$, *в*	2	5,3
$U_{экр}$, *в*	250	250
$I_{экр}$, *ма*	4	5
$U_с$, *в*	—2	—4
S, *ма/в*	0,5	1,2
μ	24	24

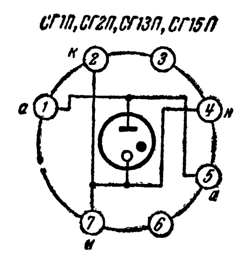
ного тока. Анодом стабилитрона служит никелевая нить. Ее окружает холодный катод цилиндрической формы, выполненный также из никеля. Баллон, в котором размещены анод и катод стабилитрона, наполнен **инертным газом** (неон, криптон и др.) под низким давлением.

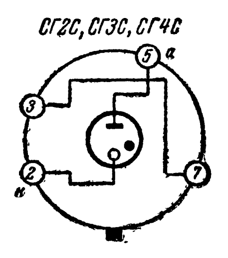
Стабилитрон присоединяется к источнику постоянного напряжения через резистор (см., например, рис. 19-1 на стр. 238). Если это напряжение превосходит **напряжение зажигания**, то начинается ионизация — разделение молекул газа на свободные электроны и положительно заряженные ионы (положительный ион — атом, потерявший электрон в результате ионизации). Этот процесс развивается лавинообразно. Электрический ток в ионизированном газе образуется за счет противоположно направленных движений ионов и электронов. После начала ионизации напряжение на стибилитроне скачком уменьшается до **напряжения горения** (газ при этом светится). Это напряжение в определенных пределах почти не зависит от протекающего через стабилитрон тока. Его можно использовать для питания цепей анодов и экранирующих сеток приемников и других устройств.

Таблица 37-10

Стабилитроны

Тип лампы	СГ1П	СГ2П	СГ2С	СГ3С	СГ4С	СГ13П	СГ15П
Напряжение горения, *в*	145—150	104—112	70—81	105—112	145—160	143—158	104—112
Ток через стабилитрон, *ма*	5—30	5—30	5—40	5—40	5—30	5—30	5—30
Наибольшее изменение напряжения горения, *в*	3,5	3	6	3,5	4	5	2
Наибольшее напряжение зажигания, *в*	175	150	105	127	180	175	150





В табл. 37-10 указаны данные семи типов стабилитронов: напряжение горения, пределы изменений тока через стабилитрон, при которых прибор стабилизирует напряжение, наибольшее изменение напряжения горения при изменении тока от минимального до максимального и наибольшее напряжение зажигания.

37-13. КАК ОПРЕДЕЛИТЬ НЕИСПРАВНУЮ ЛАМПУ

Электровакуумные приборы имеют ограниченный срок службы. В большинстве случаев радиоприемная и телевизионная аппаратура выходит из строя именно по вине ЭВП. Они могут ухудшить работу аппаратуры постепенно, вследствие того что оксидный слой катода излучает все меньше и меньше электронов. Внезапное прекращение работы часто указывает на перегорание подогревателя или нити накала одной из ламп. Это может случиться, если напряжение накала больше номинального. При падении лампы или приемника может получиться короткое замыкание между ее электродами. И еще одна причина повреждения ламп — нарушение вакуума. Оно может возникнуть при неосторожном вставлении или вынимании лампы из ее панели: перекос приводит к появлению трещин в стекле, через которые проникает воздух; при этом работа лампы нарушается.

Проверить целость подогревателя или нити накала проще всего с помощью омметра. Этот же прибор можно использовать, чтобы выяснить, нет ли коротких замыканий между электродами.

Баллон нормально работающей лампы, особенно с подогревным катодом, при работе заметно нагревается. Поэтому часто неисправную лампу можно определить на ощупь, сравнивая степень нагрева всех ламп в приемнике При этом следует помнить, что мощные лампы нагреваются сильнее маломощных.

В лампах со стеклянным баллоном накаленный катод обычно частично виден через стекло; если катод не светится, то, вероятно, он перегорел или оборван.

Если есть приемник, телевизор или магнитофон, в котором применены такие же лампы, как и подозреваемая в неисправности, то следует проверить ее работу в этом аппарате, вставляя ее взамен заведомо исправной.

Лучшим способом установления исправности лампы является проверка ее в специальном *испытателе ламп*, в котором можно определить не только пригодность лампы, но и степень ухудшения ее параметров за счет уменьшения эмиссии катода или иных причин.

РАЗДЕЛ 38

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

38-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Полупроводниковые диоды — вентили применяют наряду с вакуумными диодами и кенотронами для детектирования, преобразования ВЧ и ПЧ сигналов и выпрямления переменного тока, а транзисторы — полупроводниковые триоды применяют наряду с трехэлектродными и многоэлектродными лампами для усиления, генерирования и преобразования сигналов различных частот, а также для других целей. Эти диоды и транзисторы имеют общее название: полупроводниковые приборы (сокращенно ППП). Так называют их потому, что работа их основана на физических процессах, происходящих в полупроводниках.

Полупроводники. В диодах и транзисторах используют преимущественно два вида полупроводников: германий и кремний. В диодах, предназначенных для выпрямления токов НЧ, применяют также селен и закись меди. Это твердые кристаллические вещества. В чистом виде их электрическая проводимость хуже, чем металлов, но значительно лучше, чем диэлектриков — непроводников, изоляторов. Характерной особенностью полупроводников является резкое уменьшение их сопротивления с ростом температуры (сопротивление металлов при увеличении температуры возрастает).

Если в полупроводник, состоящий из атомов какого-либо химического элемента, добавлено небольшое количество атомов другого элемента, то такой полупроводник называется п р и м е с н ы м.

Между атомами германия и кремния осуществляется ковалентная связь (во всем объеме полупроводника каждый атом имеет два общих электрона с соседним атомом), однако в некоторых из этих связей не хватает по одному электрону. В физике полупроводников такие «незаполненные» междуатомные связи называют д ы р к а м и. В массе полупроводника имеются также свободные электроны. В абсолютно чистом полупроводнике, например состоящем только из атомов германия или кремния, если отсутствуют внешние электрические силы, число свободных электронов равно числу дырок. В примесных же полупроводниках количества свободных электронов и дырок различны.

Полупроводники, в которых свободных электронов больше, чем дырок, где, как говорят, имеется «избыток» электронов, называют полупроводниками с э л е к т р о н н о й п р о в о д и м о с т ь ю, или сокращенно *n*-п о л у п р о в о д н и к а м и (*n* — первая буква латинского слова negativus), а полупроводники, где число дырок превышает число свободных электронов, называют п о л у п р о в о д н и к а м и с д ы р о ч н о й п р о в о д и м о с т ь ю, или *p*-п о л у п р о в о д н и к а м и (*p* — первая буква латинского слова positivus). Полупроводник из одного и того же основного материала в зависимости от введенных в него примесей может быть либо *n*-, либо *p*-полупроводником.

Электронно-дырочный переход. Между частями пластинки, одна из которых является *n*-полупроводником, а другая *p*-полупроводником, образуется тонкий слой — электронно-дырочный переход. Его называют также *p-n* переходом, или для краткости просто переходом.

При подключении к области *n* отрицательного полюса источника тока, а к области *p* — положительного электроны легко проходят через переход из первой области, где они в избытке, во вторую. Другими словами, из области *p* в область *n* через *p-n* переход пойдет электрический ток (направление тока считают противоположным направлению движения электронов). При обратной же полярности включения источника тока через переход движутся значительно меньшие количества электронов, ток в противоположном направлении очень мал.

Следовательно, проводимость перехода для тока из области *p* значительно больше (сопротивление меньше). Направление из области *p* в область *n* называют пропускным, а переходящий в этом направлении ток — прямым током. Направление из области *n* в область *p* называют непропускным (запорным), а малый ток, проходящий в этом направлении, — обратным током. Напряжения, вызывающие эти токи, называют соответственно прямым и обратным напряжениями. Описанное свойство перехода называется односторонней проводимостью. На нем основано действие полупроводниковых диодов и транзисторов.

«Пробой» перехода. Ток через переход в непропускном направлении почти не зависит от обратного напряжения в широких пределах изменений его. Однако если оно превысит некоторую величину, наблюдается увеличение обратного тока через переход. Это явление называется пробоем перехода и используется в полупроводниковых стабилитронах.

Полупроводниковый диод. Основной частью его является пластинка, вырезанная из кристалла примесного германия или кремния с *p-n* переходом (иногда ее неправильно называют кристаллом). В зависимости от примененного материала диод называют германиевым или кремниевым. Часть пластинки с *n*-проводимостью аналогична катоду, а с *p*-проводимостью — аноду электровакуумного диода или кенотрона.

При использовании в диодах в качестве полупроводника селена его наносят на алюминиевые или стальные пластинки. Такие диоды называют селеновыми выпрямительными элементами. Элементы малого диаметра (5—7 *мм*) называют также таблетками, а элементы с отверстиями в центре — шайбами.

Выпрямительный столб. Так называют группу предназначаемых для выпрямления переменного тока полупроводниковых диодов (элементов), которые электрически соединены между собой и объединены в одну конструктивную единицу. Часть столба, имеющая только две точки для включения во внешнюю электрическую схему, т. е. заключенная между двумя выводами, один из которых присоединяется к источнику переменного тока, а другой является одним из полюсов выпрямленного напряжения, называют плечом столба. Плечо может содержать один диод (элемент) либо большое число их. Чаще всего их соединяют последовательно; когда же нужно получить значительные выпрямленные токи, применяют параллельное и сме-

шанное соединение. Селеновые элементы используют только в столбах.

Транзистор. В пластинке из германия или кремния транзистора имеются три области с различной проводимостью и два перехода между ними. Средняя область называется базовой, или сокращенно базой транзистора, а прилегающие к ней с двух сторон две другие — эмиттерной и коллекторной областями. Электронно-дырочный переход между базовой и эмиттерной областями называют эмиттерным переходом, а переход между базовой и коллекторной областями — коллекторным переходом. Транзитор, в котором базовая область обладает *n*-проводимостью, а эмиттерная и коллекторная *p*-проводимостью, называется транзистором структуры *p-n-p*. Если же базовая область обладает *p*-проводимостью, а эмиттерная и коллекторная *n*-проводимостью, то это транзистор структуры *n-p-n*.

Преимущества полупроводниковых приборов:

1. Полупроводниковые диоды, селеновые столбы и транзисторы при правильном использовании их значительно надежнее в работе и долговечнее, чем электровакуумные приборы.

2. Германиевые и кремниевые диоды и транзисторы имеют значительно меньшие размеры и вес по сравнению с электронными лампами той же мощности; работая, они выделяют значительно меньше тепла. Поэтому аппаратура с ППП имеет значительно меньшие объем и вес по сравнению с аналогичной аппаратурой на электронных лампах.

3. Полупроводниковые диоды, селеновые столбы и транзисторы работают с лучшим к. п. д., потери энергии в них значительно меньше, они не расходуют энергии на питание накала. При этом транзисторы требуют значительно меньших напряжений питания: для маломощного транзистора достаточно напряжение питания 1,5—10 *в*, а для транзистора большой мощности — не более нескольких десятков вольт. Это значительно упрощает и облегчает источники питания аппаратуры с транзисторами и удешевляет их эксплуатацию.

4. Полупроводниковые диоды работают в качестве детекторов и смесителей на СВЧ вплоть до частот, соответствующих миллиметровому диапазону волн, в то время как электровакуумные диоды даже специальных конструкций могут выполнять эти функции на волнах не короче дециметровых.

Недостатки полупроводниковых приборов. Их электрические параметры имеют значительный разброс от образца к образцу и сильно зависят от окружающей температуры. При этом кремниевые приборы работоспособны при температуре до 120—125° С, германиевые — до 55—70° С, селеновые — до 60—70° С. При повышении температуры работа ППП, особенно германиевых транзисторов, заметно ухудшается.

38-2. КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

По конструкции германиевые и кремниевые диоды и транзисторы разделяют на плоскостные и точечные (точечные транзисторы в настоящее время в аппаратуре не применяют вследствие ряда недостатков их). Плоскостные полупроводниковые приборы в свою

очередь разделяют на сплавные, микросплавные, тянутые и диффузионные. Транзисторы, кроме того, бывают диффузионно-сплавными и поверхностно-барьерными.

Диоды по назначению разделяют на следующие:

1. Выпрямительные (в основном плоскостные) — для выпрямления переменных токов НЧ: а) маломощные — на выпрямленный ток до 0,3 *а*; б) средней мощности — на выпрямленный ток свыше 0,3 до 10 *а*; в) большой мощности — на выпрямленный ток более 10 *а* (принимают выпрямленный ток однополупериодного выпрямителя при работе на активную нагрузку — см. стр. 551). Эти диоды называют иногда силовыми.

2. Стабилитроны — стабилизаторы напряжения (плоскостные, только кремниевые диоды): а) маломощные с допустимой мощностью рассеяния до 0,3 *вт*; б) средней мощности — свыше 0,3 до 5 *вт*.

3. Высокочастотные диоды (точечные) — для выпрямления переменных токов с частотами до 1 000 *Мгц*.

4. СВЧ диоды (точечные) или детекторы: а) смесительные, используемые в супергетеродинных СВЧ приемниках для преобразования переменных токов частоты принимаемого сигнала в токи ПЧ; б) видеодетекторы, применяемые в СВЧ приемниках прямого усиления для преобразования переменных токов частоты принимаемого сигнала непосредственно в видеоимпульсы (импульсы постоянного тока); в) измерительные — для применения в измерительной СВЧ аппаратуре.

5. Импульсные — для работы в импульсных схемах.

К числу других типов диодов специального назначения относятся: а) переключающие (неуправляемые и управляемые); б) туннельные; в) фотодиоды — преобразователи световой или другой лучистой энергии в электрическую; г) варикапы (ВЧ и СВЧ) — полупроводниковые конденсаторы, емкость которых зависит от приложенного к ним напряжения, и др.

Селеновые элементы и столбы относятся к виду плоскостных выпрямительных.

Германиевые и кремниевые выпрямительные столбы с выпрямленным током не более 0,3 *а* называют столбами малой мощности, а с выпрямленным током более 0,3 *а* — столбами большой мощности.

Обозначения большинства германиевых и кремниевых диодов отечественного производства состоят из буквы Д и порядковых номеров, характеризующих их конструкцию и примененный полупроводниковый материал:

Д1, Д2, Д9—Д99 — германиевые точечные;

Д101—Д199 — кремниевые точечные;

Д202—Д299 — кремниевые плоскостные;

Д7, Д302—Д399 — германиевые плоскостные;

Д401—Д499 — германиевые и кремниевые точечные смесительные для СВЧ:

Д601—Д699 — германиевые видеодетекторы;

Д808—Д899 — кремниевые стабилитроны;

Д1001—Д1099 — столбы из германиевых или кремниевых плоскостных диодов.

После числа может быть еще буква, обозначающая разновидность диода данного типа по электрическим параметрам (подтип).

Обозначения некоторых диодов (старой разработки) содержат после буквы Д дополнительные буквы; вторая буква указывает примененный материал: Г — германий; К — кремний, а третья — назначение диода: Ц — выпрямительный диод; С — смесительный детектор; В или П — видеодетектор; И — измерительный детектор (например, ДГ-Ц27 — диод германиевый выпрямительный, тип № 27).

С 1964 г. германиевым диодам и детекторам новых типов присваиваются следующие обозначения:

ГД101—ГД199 — выпрямительным маломощным диодам;
ГД201—ГД299 — выпрямительным средней мощности диодам;
ГД301—ГД399 — выпрямительным большой мощности диодам;
ГД401—ГД499 — универсальным диодам;
ГД501—ГД599 — импульсным диодам;
ГА101—ГА199—СВЧ смесительным детекторам;
ГА201—ГА299 — СВЧ видеодетекторам.

Выпрямительные германиевые столбы малой мощности получают обозначения ГЦ101—ГЦ199, а большой мощности ГЦ201—ГЦ299

Кремниевые диоды, детекторы и столбы получают аналогичные обозначения, только буква Г заменяется буквой К.

Стабилитроны — кремниевые диоды, предназначаемые для стабилизации постоянного напряжения, получают обозначения от КС101 до КС999.

Обозначения селеновых выпрямительных столбов открытой конструкции состоят из чередующихся чисел и букв, характеризующих размеры входящих в столбы выпрямительных элементов и электрические параметры столбов.

Первое число является условным обозначением размеров выпрямительных элементов столба. По этому числу можно определить предельный выпрямленный ток столба (см. табл. 38-1).

Первая буква в обозначении указывает класс выпрямительных элементов, примененных в столбе (см. ту же таблицу).

Вторая буква обозначает схему, по которой собран столб (см. рис. 38-5).

Второе число выражает общее число выпрямительных элементов в столбе.

Третья буква указывает тип выпрямительных элементов: «А» — АВС (рис. 38-3, *а*), «Г» — ТВС (рис. 38-3, *б*).

Пример: 12ГМ20А — столб из квадратных выпрямительных элементов размером 12×12 *мм* класса «Г» (номинальное напряжение каждого из них 25 *в*); столб выполнен по мостовой схеме «М»; общее число элементов в столбе 20 (в каждом плече по пяти элементов); элементы типа «А» — АВС.

В конце обозначения столба, имеющего несколько параллельных ветвей в каждом плече, добавляется цифра, указывающая количество ветвей. Кроме того, в обозначении столба специального назначения может быть буква, характеризующая особенность его конструкции: «М» — столб предназначен для работы в масле; «Р» — столб с радиатором и т. п.

Транзисторы по частотным свойствам разделяют на:

1) низкочастотные — с предельной частотой усиления по току (см. § 38-10) не выше 3 *Мгц*;

2) среднечастотные — с предельной частотой усиления по току до 30 *Мгц*;

3) высокочастотные — с предельной частотой усиления по току выше 30 *Мгц* или максимальной частотой генерирования колебаний (см. § 38-10) до 120 *Мгц*;

4) сверхвысокочастотные (СВЧ) — с максимальной частотой генерирования выше 120 *Мгц*.

Кроме того, транзисторы разделяют по предельной мощности рассеяния (см. § 38-11) на:

1) маломощные — не более 0,3 *вт*;

2) средней мощности — от 0,3 до 1,5 *вт;*

3) большой мощности — выше 1,5 *вт*.

Обозначения транзисторов. С буквы П начинаются наименования плоскостных, а с буквы С — точечных транзисторов. Числа в наименовании транзистора указывают его назначение и примененный полупроводниковый материал:

П1, П2, П5—П99 — германиевые маломощные низкочастотные;

П3, П4, П201—П299 — германиевые средней и большой мощности низкочастотные;

П101—П199 — кремниевые маломощные низкочастотные;

П201—П299 — германиевые средней и большой мощности низкочастотные;

П301—П399 — кремниевые средней и большой мощности низкочастотные;

П401—П499 — германиевые маломощные среднечастотные и высокочастотные;

П501—П599 — кремниевые маломощные среднечастотные и высокочастотные;

П601—П699 — германиевые средней мощности среднечастотные и высокочастотные.

После цифр может быть буква (А, Б, В), обозначающая разновидность транзистора данного типа. В начале или конце обозначения транзистора модернизированной конструкции добавляется буква «М» (например, МП13, П203М).

Германиевым транзисторам новых типов с 1964 г. присваиваются следующие обозначения:

ГТ101—ГТ199 — маломощные низкочастотные;
ГТ201—ГТ299 — маломощные среднечастотные;
ГТ301—ГТ399 — маломощные высокочастотные;
ГТ401—ГТ499 — средней мощности низкочастотные;
ГТ501—ГТ599 — средней мощности среднечастотные;
ГТ601—ГТ699 — средней мощности высокочастотные;
ГТ701—ГТ799 — большой мощности низкочастотные;
ГТ801—ГТ899 — большой мощности среднечастотные;
ГТ901—ГТ999 — большой мощности высокочастотные.

Кремниевые транзисторы получают аналогичные обозначения, только буква Г заменяется буквой К.

38-3. КОНСТРУКЦИИ ДИОДОВ, ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СТОЛБОВ

Точечный (точечно-контактный) диод (рис. 38-1, *а* и 38-2, *а*—*в*). В центр германиевой или кремниевой пластинки с *n*-проводимостью прижато острие тонкой металлической, обычно вольфрамовой, иглы (в германиевых диодах Д9А—Д9Л и некоторых Д1А—Д1Ж концы

игл покрыты слоем индия). Вблизи острия иглы небольшая область пластинки приобретает в процессе определенных технологических операций p-проводимость. Между нею и остальным объемом пластинки образуется переход с пропускным направлением от иглы к пластинке.

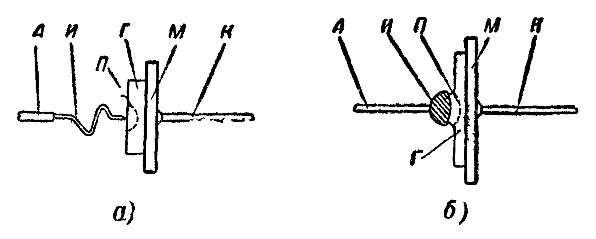


Рис. 38-1. Схематическое устройство полупроводниковых диодов в разрезе.

а — точечного; *б* — плоскостного.
Г — пластинка германия или кремния; *И* — капля индиевого сплава, кусочек алюминия в плоскостном или вольфрамовая игла в точечном диоде; *П* — *p-n* переход; *М* — металлический держатель пластинки полупроводника; *А* — вывод анода; *К* — вывод катода.

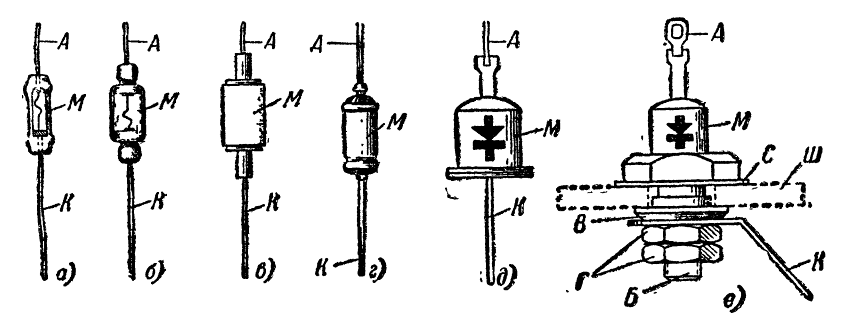


Рис. 38-2. Внешний вид полупроводниковых диодов.

а — Д1А—Д1Ж, Д9А—Д9М; *б* — Д2А—Д2И; *в* — ДГ-Ц1—ДГ-Ц14; *г* — ДГ-Ц21—ДГ-Ц27; *д* — Д7А—Д7Ж, Д206—Д211, Д226—Д226Д; *е* — Д202—Д205, Д221, Д222. *А* — вывод анода; *К* — вывод катода; *М* — корпус; *С* — слюдяная шайба; *В* — пластмассовая втулка; *Б* — болт; *Г* — гайки; *Ш*—шасси радиоприбора (теплоотводящий радиатор).

Корпуса точечных диодов изготавливают из стекла или керамики Красная точка или знак + на корпусе ставится на выводе от иглы (анод).

Точечные диоды применяют главным образом в детекторах радиоприемников, а также в маломощных выпрямителях питания (например, для смещения на сетки лампы).

Плоскостной сплавной выпрямительный диод (рис. 38-1, *б* и 38-2, *г*—*е*). Пластинка n-полупроводника помещена в герметичный

металлический корпус и припаяна к нему одной из своих плоскостей. В германиевом диоде в центр противоположной плоскости пластинки вплавлен кусочек индия, а в кремниевом — кусочек алюминия. От него сделан вывод, изолированный от корпуса стеклом или керамикой.

В небольшую часть объема пластинки, находящуюся вблизи индия или алюминия, проникает (диффундирует) некоторое количество атомов этого металла, вследствие чего проводимость этой части объема делается дырочной. Между нею и остальным объемом пластинки образуются переход с пропускным направлением от изолированного вывода от индия или алюминия (анод) через пластинку германия

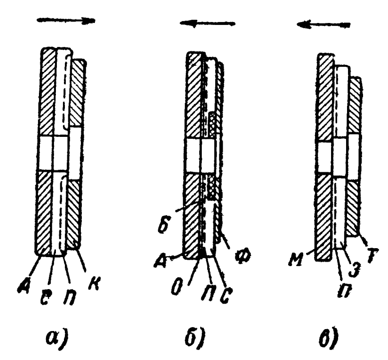


Рис. 38-3. Схематическое устройство селеновых и меднозакисных элементов в разрезе.

а — селеновый типа А (АВС); *б* — селеновый типа Г (ТВС); *в* — меднозакисный.
А — алюминий; *Б* — бумага или слюда; *З* — закись меди; *К* — катодный сплав; *М* — медь; *О* — кадмий; *П* — переход; *С* — селен; *Т* — серебро или графит; *Ф* — алюминиевая фольга. Слои селена, катодного сплава, серебра и фольги изображены для наглядности непропорционально толстыми. Стрелки показывают пропускное направление.

или кремния к корпусу диода (катод). Пропускное направление обозначают на корпусе диода стрелкой.

Кремниевые стабилитроны имеют подобную же конструкцию. Маломощные сплавные выпрямительные диоды изготавливают также в стеклянных корпусах.

Плоскостные диоды применяют главным образом в выпрямителях для питания аппаратуры

Радиаторы для диодов. Выпрямительные диоды средней и большой мощности и стабилитроны средней мощности сильно нагреваются во время работы проходящими через них токами. Чтобы исключить недопустимый перегрев, диоды монтируют на металлических пластинах — радиаторах (теплоотводах) с помощью имеющихся у диодов болтов с гайками (рис. 38-2, *е*). В качестве радиатора часто используют шасси выпрямителя (радиоприбора). Выделяемое диодами тепло передается радиатору, а последний своей поверхностью рассеивает тепло в окружающую атмосферу. При необходимости корпуса диодов изолируют от радиатора с помощью прилагаемых к ним слюдяных шайб и пластмассовых втулок.

Селеновый выпрямительный элемент серии А (АВС) состоит из алюминиевой пластинки (рис. 38-3, *а*), на одну из поверхностей которой нанесен слой серого селена, а поверх него слой катодного сплава, состоящего из висмута, кадмия и олова. Между селеном и катодным сплавом образуется прослойка сульфида и селенида кадмия, а между этой прослойкой и слоем селена — переход с пропускным направлением от алюминия к катодному сплаву. (В селеновых элементах старых выпусков вместо алюминия применялась никелированная сталь.)

Селеновый выпрямительный элемент серии Г (ТВС). На одну сторону алюминиевой пластинки нанесен слой кадмия, а поверх него — слой селена (рис. 38-3, *б*). Между ними получается слой селенида кадмия, на границе которого с селеном образуется переход. Внешняя поверхность селена покрыта висмутированной алюминиевой фольгой, которая создает надежный контакт с другим элементом в столбе или контактным выводом. Пропускное направление такого элемента — от фольги к алюминиевой пластинке.

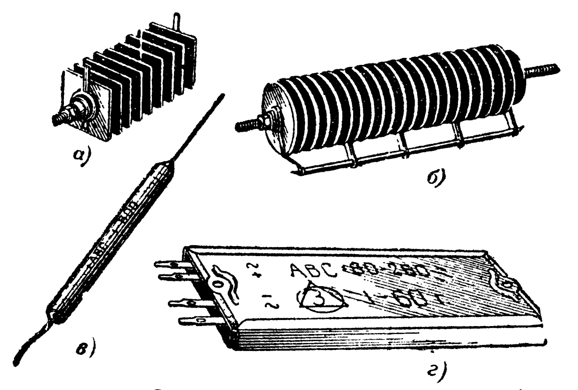


Рис. 38-4. Селеновые выпрямительные столбы.

а — открытой конструкции из квадратных шайб; *б* — то же из круглых шайб; *в* — из таблет; *г* — плоский (пакетный).

Купроксный (медиозакисный) выпрямительный элемент (рис. 38-3, *в*). На поверхности диска из чистой меди образован слой красной закиси меди. Переход находится между медью и закисью ее. Поверх последней для получения хорошего контакта с соседним элементом столба или контактным выводом нанесен слой серебра (или графита). Пропускное направление — от закиси меди к меди.

Конструкция селеновых столбов. Наиболее распространены селеновые столбы следующих видов:

1) открытой конструкции, состоящие из шайб, собранных на изолированных металлических шпильках со стягивающими гайками на концах; выводы — в виде контактных лепестков (рис. 38-4, *а* и *б*);

2) из круглых таблет, сжатых при помощи пружин в трубках из изоляционного материала; выводы — проволочные (рис. 38-4, *в*);

3) плоские (пакетные), собранные из квадратных элементов в металлических коробках; выводы — контактные лепестки (рис. 38-4, *г*); изготавливаются специально для радиовещательных приемников и телевизоров.

Схемы столбов. Селеновые и купроксные столбы изготавливают по схемам, показанным на рис. 38-5.

Однополупериодный выпрямитель (схема *Е*) содержит одно плечо с двумя выводами от крайних элементов. Из двух таких столбов можно собрать двухполупериодную схему (см. рис. 32-2) или схему с удвоением напряжения (рис. 32-4 и 32-5).

Двухполупериодный выпрямитель (схема *С*) — столб из двух одинаковых плеч с тремя выводами. Пропускное направление в обоих плечах — от крайних выводов к среднему. Столб используют с трансформатором питания, имеющим вывод от средней точки вторичной обмотки (рис. 32-2). Положительный полюс выпрямленного напряжения получается на среднем выводе.

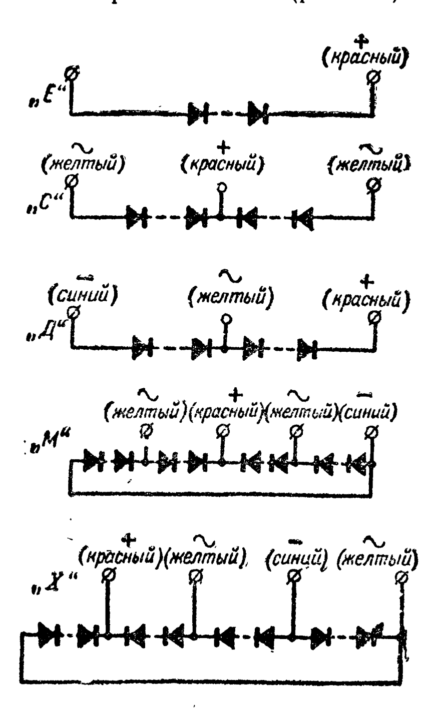


Рис. 38-5. Схемы селеновых выпрямительных столбов.

Выпрямитель с удвоением напряжения (схема *Д*) — столб из двух одинаковых плеч с тремя выводами; один из выводов — общий для обоих плеч. Пропускное направление в обоих плечах одинаково. Из двух таких столбов можно составить выпрямитель по мостовой схеме. Столб можно использовать и для однополупериодного выпрямления (при этом средний вывод остается свободным).

Мостовой двухполупериодный выпрямитель (схемы *М* и *Х*) состоит из четырех одинаковых плеч, соединенных по мостовой схеме. Один такой столб обеспечивает двухполупериодное выпрямление переменного тока без средней точки во вторичной обмотке трансформатора питания.

Столбы из таблет (рис. 38-4,*в*) изготавливают только по схеме *Е*, плоские выпрямители — по схеме *М*, а столбы на шпильках (рис. 38-4, *а* и *б*) — по всем схемам на рис. 38-5.

Маркировка контактных выводов селеновых и купроксных столбов (рис. 38-5). Знаком «~» или желтым цветом маркированы выводы столбов, к которым должно подводиться переменное напряжение, знаком «+» или красным цветом — выводы, на которых получается положительный полюс выпрямленного напряжения, знаком «—» или синим цветом — выводы, на которых получается отрицательный полюс выпрямленного напряжения.

38-4. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ДИОДОВ

Вольт-амперная характеристика диода (рис. 38-6) показывает зависимость тока через диод от приложенного к нему напряжения. Часть характеристики, лежащая вправо от вертикальной оси графи-

ка, соответствует пропускному направлению диода (см. стр. 542) и называется **прямой ветвью**, а часть влево от этой оси соответствует запорному направлению и называется **обратной ветвью**. Как видно из характеристики, прямой и обратный токи диода не пропорциональны соответствующим напряжениям. Это и позволяет использовать диоды для выпрямления переменного тока и детектирования сигналов.

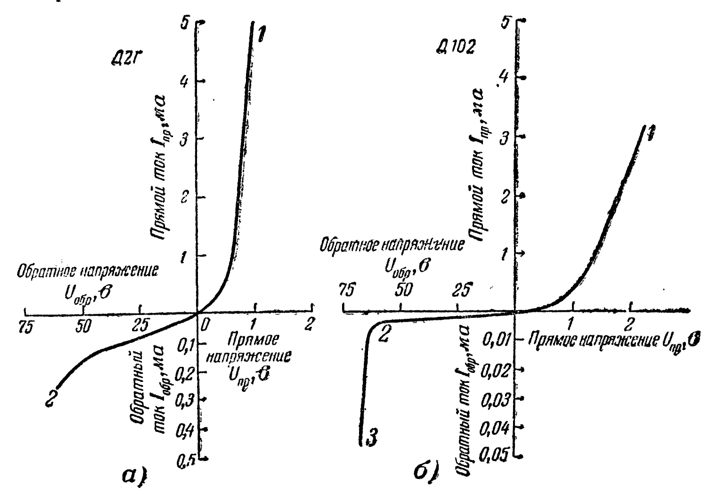


Рис. 38-6. Вольт-амперные характеристики диодов при комнатной температуре.

а — германиевого; *б* — кремниевого.
0—1 — прямая ветвь; *0—2* — обратная ветвь; *2—3* — область пробоя.

Прямой ток $I_{пр}$ (см. стр. 542) точечных диодов обычно измеряют при подаче на них прямого напряжения 1 *в* (у некоторых типов диодов при 0,5 или 2 *в*). На их этикетах и в справочниках указывают наименьшую и наибольшую (или только наименьшую) величины $I_{пр}$, при которых диоды считаются удовлетворяющими предъявляемым требованиям. При повышении температуры прямой ток увеличивается, а при понижении — уменьшается.

Выпрямленный ток I_0 — среднее значение за период тока через диод, работающий в выпрямителе, т. е. постоянная составляющая выпрямленного тока. Его измеряют магнитоэлектрическим прибором, включенным последовательно с нагрузкой выпрямителя.

Выпрямленный ток предельный (максимальный) $I_{0макс}$ — наибольший выпрямленный ток, при котором диод может длительно и надежно работать. На этикетке диода и в справочниках указывают величину $I_{0макс}$ при работе его в схеме однополупериодного выпрямителя (см. § 32-2) на активную нагрузку; при использовании диода в выпрямителе с фильтром, имеющим на входе конденсатор, $I_{0макс}$ снижается вдвое. Предельный выпрямленный ток снижается

при увеличении температуры окружающей среды. При работе диодов средней и большой мощности без теплоотводящих радиаторов $I_{0\text{макс}}$ также снижается.

Обратный ток $I_{\text{обр}}$ (см. стр. 542) является важнейшим показателем качества диода. На этикетках диодов и в справочниках указывают наибольшие обратные токи, при которых диоды соответствующих типов считаются годными для нормальной работы.

У точечного диода $I_{\text{обр}}$ измеряют, прикладывая к нему определенное постоянное напряжение, а у плоскостного диода $I_{\text{обр}}$ измеряют, прикладывая к нему импульсы обратного напряжения с амплитудой, равной предельной амплитуде обратного напряжения.

В одинаковых условиях кремниевые диоды имеют меньшие обратные токи по сравнению с германиевыми. С повышением температуры на каждые 10° С обратный ток германиевого диода увеличивается в 1,5—2 раза, а кремниевого — до 2,5 раза.

Чем меньше $I_{\text{обр}}$, тем лучше качество диода. Диод с обратным током больше установленной для него нормы можно использовать только при пониженном напряжении.

Прямое падение напряжения $U_{\text{пр}}$ — среднее падение напряжения на диоде, работающем в схеме выпрямления переменного тока; его показывает магнитоэлектрический прибор, подключенный параллельно работающему диоду.

В справочниках для плоскостных диодов указывают наибольшее возможное значение $U_{\text{пр}}$, когда через диод проходит предельный выпрямленный ток. Для германиевых диодов $U_{\text{пр}} \leqslant 0{,}5$ *в*, а для кремниевых $U_{\text{пр}} \leqslant 1$ *в*.

Амплитуда обратного напряжения предельная (максимальная) $U_{\text{обр.макс}}$ — наибольшее напряжение, которое можно подавать в запорном направлении на диод, не опасаясь сокращения срока службы его. При повышении температуры величина $U_{\text{обр.макс}}$ должна уменьшаться; для кремниевых диодов она не снижается до температуры 125° С (для диодов серии Д226—Д226Д до 40° С).

Напряжение пробоя диода — обратное напряжение, при котором возникает лавинообразное увеличение обратного тока диода, т. е. обратное сопротивление его резко уменьшается. Напряжение пробоя диода больше $U_{\text{обр.макс}}$. На этикетках и в справочниках указывают для диодов некоторых типов наименьшее возможное напряжение пробоя.

Прямое сопротивление $R_{\text{пр}}$ — сопротивление диода прямому току; его измеряют методом вольтметра — амперметра (или омметром) при приложении к диоду прямого напряжения; оно сильно зависит от этого напряжения. На этикетках некоторых точечных диодов указывают наибольшее возможное прямое сопротивление, упоминая, при каком напряжении оно должно измеряться.

Обратное сопротивление $R_{\text{обр}}$ — сопротивление диода обратному току; его измеряют методом вольтметра — амперметра (или омметром) при приложении к диоду обратного напряжения; оно сильно зависит от этого напряжения. На этикетках некоторых точечных диодов приводят наименьшее возможное обратное сопротивление, указывая, при каком напряжении оно должно измеряться.

Таблица 38-1

Предельные электрические режимы селеновых выпрямительных столбов

Первое число в обозначении типа столба	Размер элементов, образующих столб, *мм*	Выпрямленный ток $I_{0макс}$ для столбов по схемам на рис. 38-5, *ма**			
		Е и *Д*		*С*, *М* и *Х*	
5	∅5	1	(1,25)	2	(2,5)
7	∅7,2	5	(6,3)	10	(12,6)
12	12×12	20	(25)	40	(50)
15	15×15	32	(40)	65	(80)
18	∅18	32	(40)	64	(80)
22	22×22	65	(80)	128	(160)
25	∅25	60	(75)	120	(150)
30	30×30	125	(160)	250	(320)
40	40×40	255	(320)	510	(640)
60	60×60	500	(630)	1 000	(1 250)
75	75×75		(1 250)		(2 500)
100	100×100		(2 000)		(4 000)
120	100×200		(4 000)		(8 000)
130	100×300		(6 000)		(12 000)
140	100×400		(8 000)		(16 000)

Класс элементов, образующих столб	Напряжение на один элемент, *в*		Класс элементов, образующих столб	Напряжение на один элемент, *в*	
	$U_{ном}$	$U_{обр \cdot макс}$		$U_{ном}$	$U_{обр\ макс}$
В○	20	28	И□	40	56
Г○	25	35	К□	45	63
Д○	30	42	Л	50	70
Е□	35	49	М	60	85

* Предельные выпрямленные токи, указанные без скобок, относятся к выпрямителям со сглаживающими фильтрами, начинающимися с емкости, а заключенные в скобки — к выпрямителям, работающим на активную нагрузку.

○ Элементы серии «А».

□ Элементы серии «Г».

Измерение прямого и обратного сопротивлений дает возможность оценить исправность диода. Если прямое сопротивление диода значительно больше, а обратное — меньше указанного, то диод будет работать плохо.

Динамическое (дифференциальное) сопротивление — сопротивление диода переменному току. Определяется по вольт-амперной характеристике диода (рис. 38-6) как отношение приращения приложенного к диоду прямого напряжения к вызванному им приращению прямого тока через диод.

Предельная частота выпрямления $f_д$ — частота подаваемого на диод переменного напряжения ВЧ, при которой выпрямленный ток уменьшается на определенную величину (например, 3 *дб*) по сравнению со значением его на низкой частоте или частоте 100 *кгц* (на всех частотах подводимое напряжение должно быть одинаковым).

Параметры селеновых и купроксных столбов. Такие столбы, так же как германиевые и кремниевые диоды, характеризуются предельным выпрямленным током $I_{0\,макс}$. В справочниках указывают величину $I_{0макс}$ при работе столба на активную нагрузку; при работе столба в выпрямителе с фильтром, имеющим на входе конденсатор (см. рис. 32-1), выпрямленный ток не должен превышать 0,8 этой величины (табл. 38-1).

Вместо предельной амплитуды обратного напряжения, селеновые и купроксные столбы характеризуют предельным действующим значением переменного напряжения, которое можно подавать на столб при работе выпрямителя на активную нагрузку. Величина этого напряжения для условий работы столба до температуры 50° С называется номинальным переменным напряжением столба. При работе столба в выпрямителе со сглаживающим фильтром, начинающимся с емкости, предельное напряжение, за исключением столба по мостовой схеме, снижается в 2 раза.

38-5. ДАННЫЕ ДИОДОВ И ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СТОЛБОВ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Точечные германиевые диоды Д1А—Д1Ж, Д2А—Д2И и Д9А — Д9М. Предельные частоты выпрямления: для диодов Д1А—Д1Ж 150 *Мгц* (снижение I_0 на 60%); для Д2А — Д2И 100 *Мгц* (снижение I_0 на 60, 50 и 40% на нагрузочных сопротивлениях 1, 10 и 100 *ком*), для Д9А—Д9М 40 *Мгц* (снижение I_0 на 40%). При $f \leqslant 0,1$ *Мгц* выпрямленный ток не снижается.

Обратные токи диодов при комнатной температуре и указанных в табл. 38-2 обратных постоянных напряжениях U не более: для Д9И 0,12 *ма*, для Д9К 0,06 *ма* и для всех остальных 0,25 *ма*.

Диоды Д1А—Д1Ж и Д9А—Д9М выполнены в цельностеклянных корпусах (рис. 38-2, *а*) диаметром 2,3 и длиной 8 *мм*; диоды Д9А — Д9М окрашены в черный цвет.

Диоды Д2А—Д2И имеют стеклянные корпуса с металлическими наконечниками и ленточными выводами (рис. 38-2, *б*); диаметр корпуса 5 *мм*, длина 16 *мм*. Тип диода и пропускное направление обозначены на выводах.

Таблица 38-2

Данные германиевых точечных диодов

Тип диода	$I_{пр}$, *ма*	$U_{обр.макс}$, *в**	U, *в*	Тип диода	$I_{пр}$, *ма*	$U_{обр.макс}$, *в*	U, *в*
Д1А	⩾2,5	20	10	Д2Ж	2—10	110	150
Д1Б	⩾1	30	25	Д2И	2—5,5	75	100
Д1В	⩾7,5	30	25	Д9А	⩾10	10	10
Д1Г	⩾5	50	45	Д9Б	⩾90	10	10
Д1Д	⩾2,5	75	75	Д9В	⩾10	30	30
Д1Е	⩾1	100	100	Д9Г	⩾30	30	30
Д1Ж	⩾5	100	100	Д9Д	⩾60	30	30
Д2А	⩾50	10	7	Д9Е	⩾30	50	50
Д2Б	5—10	30	10	Д9Ж	⩾10	90	90
Д2В	⩾9	40	30	Д9И	⩾30	30	30
Д2Г	2—5,5	55	50	Д9К	⩾60	30	30
Д2Д	4,5—10	55	50	Д9Л	⩾30	90	90
Д2Е	4,5—10	75	70	Д9М	⩾60	30	30

* При температуре не более 50° С.

Типы диодов серии Д9 обозначаются на середине их корпусов цветными точками:

Д9А — точек нет;
Д9Б — красная;
Д9В — оранжевая;
Д9Г — желтая;
Д9Д — белая;
Д9Е — голубая;
Д9Ж — зеленая;
Д9И — две желтые;
Д9К — две белые;
Д9Л — две зеленые.

Около вывода от иглы — красная точка.

Точечные германиевые диоды ДГ-Ц1 — ДГ-Ц17 (рис. 38-2, *в*), устаревшие по конструкции; в настоящее время они не изготавливаются. Могут быть заменены выпускаемыми в настоящее время диодами с аналогичными электрическими параметрами согласно табл. 38-3.

Германиевые плоскостные выпрямительные маломощные диоды Д7А—Д7Ж (рис. 38-2, *д*). Предельно допустимые режимы при $T_в \leqslant 50°$ С в однополупериодном выпрямителе: $I_{0макс}=300$ *ма* при активной (или индуктивной) нагрузке; при работе на емкость $I_{0макс}=150$ *ма*.

$U_{пр} \leqslant 0,5$ *в* при $I_0=300$ *ма*; $I_{обр} \leqslant 0,3$ *ма* при комнатной температуре и $U_{обр.макс}$ согласно табл. 38-4.

Габаритные размеры: наибольший диаметр корпуса 11 *мм*; высота 9 *мм*.

Таблица 38-3

Взаимозаменяемость германиевых точечных диодов

Старый тип диода	Выпускаемые типы диодов	Старый тип диода	Выпускаемые типы диодов
ДГ-Ц1	Д1Г, Д1Д, Д2Г, Д2Д	ДГ-Ц10	Д2В, Д2Д
ДГ-Ц2	Д1Г, Д2Д, Д2Е	ДГ-Ц12	Д1В, Д2Б, Д2В
ДГ-Ц4	Д1Д, Д2Е, Д2И	ДГ-Ц13	Д2В, Д2Г
ДГ-Ц5	Д1Д, Д1Е, Д2Е, Д2Ж	ДГ-Ц14	Д2В, Д2Е
ДГ-Ц6	Д1Ж, Д2Ж	ДГ-Ц15	Д2Е
ДГ-Ц7	Д1Е, Д2Ж	ДГ-Ц16	Д2Ж
ДГ-Ц8	Д2В, Д9В	ДГ-Ц17	Д2Ж
ДГ Ц9	Д2В		

Таблица 38-4

Предельные обратные напряжения германиевых плоскостных диодов[1]

Тип диода	Д7А ДГ-Ц21	Д7Б ДГ-Ц22	Д7В ДГ-Ц23	Д7Г ДГ-Ц24	Д7Д ДГ-Ц25	Д7Е ДГ-Ц26	Д7Ж ДГ-Ц27
$U_{обр.макс}$, *в*, до 25°С	50	100	150	200	300	350	400
$U_{обр.макс}$, *в*, до 50°С	35	60	90	125	190	220	250

[1] Диоды ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27 имеют то же назначение, что и диоды Д7А—Д7Ж; при этом $I_{0макс}$ для диодов ДГ-Ц24—ДГ-Ц27 в 3 раза меньше, чем для диодов Д7Д—Д7Ж.

Кремниевые плоскостные выпрямительные диоды средней мощности Д202 — Д205, Д221, Д222 и маломощные Д206 — Д211 (рис. 38-2, *д* и *е*). Предельные режимы при $T_в \leqslant 125°$ С в однополупериодном выпрямителе: $I_{0макс}=100$ *ма* при активной (или индуктивной нагрузке); $I_{0макс}=50$ *ма* при работе на емкость; при монтаже диодов Д202—Д205, Д221 и Д222 на металлической панели (теплоотводе) площадью не менее 40 *см*² на каждый диод (толщина панели не менее 1 *мм*) $I_{0макс}$ в 4 раза больше.

$U_{пр} \leqslant 1$ *в* при $I_0=400$ *ма* для диодов Д202—Д205, Д221 и Д222 на теплоотводе и при $I_0=100$ *ма* для Д206—Д211; $I_{обр} \leqslant 0{,}5$ *ма* для диодов Д202—Д205, Д221, Д222 и $I_{обр} \leqslant 0{,}05$ *ма* для Д206—Д211 при комнатной температуре и $U_{обр}$ согласно табл. 38-5.

Габаритные размеры Д202—Д205, Д221 и Д222: наибольший диаметр корпуса 18 *мм*; полная высота (с болтом и жестким выводом) 35 *мм*.

Габаритные размеры Д206—Д211: наибольший диаметр корпуса 11 *мм*; высота с верхним жестким выводом 17 *мм*.

Кремниевые плоскостные выпрямительные диоды средней мощности Д226—Д226Д (рис. 38-2, *д*). Предельно допустимые режимы при $T_в \leqslant 80°$ C в однополупериодном выпрямителе: $I_{0макс}=125$ *ма* при работе на сглаживающий фильтр, начинающийся с емкости, и 250 *ма* при активной нагрузке.

$U_{пр} \leqslant 1$ *в* при $I_0=300$ *ма*; $I_{обр} \leqslant 30$ *мка* для Д226, Д226А и $I_{обр} \leqslant 100$ *мка* для Д226Б—Д226Д при комнатной температуре и $U_{обр}$ согласно габл. 38-5.

Габаритные размеры такие же, как у диодов Д7А—Д7Ж.

Таблица 38-5

Предельные обратные напряжения кремниевых плоскостных диодов

Тип диода	Д202 Д206	Д203 Д207	Д204 Д208	Д205 Д209 Д221	Д210	Д211 Д222
$U_{обр.макс}$, *в*, до 125°С	100	200	300	400	500	600

Тип диода	Д226	Д226А	Д226Б	Д226В	Д226Г	Д226Д
$U_{обр.макс}$, *в*, до 40°С	400	300	400	300	200	100
$U_{обр.макс}$, *в*, до 80°С	300	200	300	200	150	100

Пакетные селеновые выпрямительные столбы АВС-80-260 и АВС-120-270 (см. рис. 38-4, *г*). Выполнены по мостовой схеме (*М* на рис. 38-5). Номинальные режимы для АВС-80-260: подводимое напряжение переменного тока 260 *в*, выпрямленные напряжение и ток 290 *в* и 80 *ма* при емкости входного конденсатора фильтра $C_0=20$ *мкф* (см. § 32-2).

Номинальные режимы АВС-120-270: подводимое напряжение переменного тока 270 *в*, выпрямленное напряжение и ток 300 *в* и 120 *ма* при емкости входного конденсатора фильтра 30 *мкф*.

38-6. КОНСТРУКЦИИ ТРАНЗИСТОРОВ

Сплавной транзистор (рис. 38-7, *а*). В середины противоположных плоскостей тонкой пластинки полупроводника вплавлены электроды — два кусочка металлического сплава разных размеров. Не-

которое количество атомов этого сплава проникает (диффундирует) в пластинку, вследствие чего около мест вплавления электродов свойства полупроводника изменяются. В наиболее распространенных германиевых транзисторах структуры *p-n-p* (см. стр. 543) применяют индиевый сплав и получают в пластинке две раздельные области *p*-германия — коллекторную и эмиттерную. Между ними и базой образуются коллекторный и эмиттерный переходы. Кусочек индиевого сплава большего размера с прилегающей к нему областью называется **к о л л е к т о р о м**, а кусочек сплава меньшего

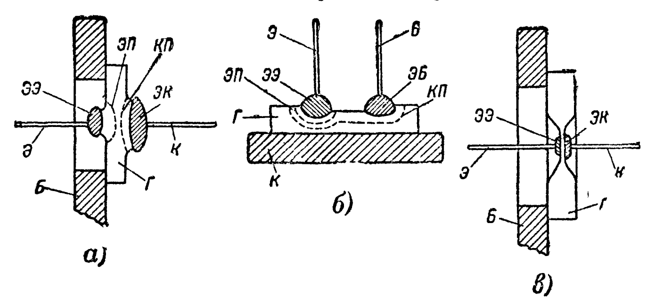


Рис. 38-7. Схематическое устройство транзисторов структуры *p-n-p* в разрезе.

а — маломощного плоскостного сплавного; *б* — диффузионно-сплавного; *в* — поверхностно-барьерного.

Б — вывод базы; *К* — вывод коллектора; *Г* — пластинка полупроводника; *Э* — вывод эмиттера; *ЭБ* — электрод базы; *ЭЭ* — электрод эмиттера; *ЭП* — эмиттерный переход; *КП* — коллекторный переход; *ЭК* — электрод коллектора.

размера с другой областью — **э м и т т е р о м**. Таким способом изготавливают в основном низкочастотные транзисторы (для усиления НЧ).

Переходы находятся очень близко друг к другу, поэтому изменение токов через один из них приводит к изменению тока через другой. Чем меньше расстояние между переходами, тем на более высоких частотах может давать усиление и генерировать колебания транзистор.

Пластинка полупроводника заключена в герметичный металлический корпус. От электродов транзистора и самой пластинки сделаны выводы. У маломощных низкочастотных транзисторов (рис. 38-8, *а*, *в* и *г*) от корпуса обычно изолированы выводы эмиттера и коллектора; у транзисторов средней и большой мощности (рис. 38-9, *а*—*в*) изолированы выводы базы и эмиттера. Третий электрод соединен с корпусом. У транзисторов П5А—П5Д корпус стеклянный (рис. 38-8, *б*).

Диффузионно-сплавной транзистор (рис. 38-7, *б* и 38-8, *д*, *е* и *ж*). Коллектором является пластинка исходного полупроводника; эмиттер изготавливается так же, как и в сплавном транзисторе, а тонкая базовая область образуется диффузией особых примесей, входящих в состав эмиттерного сплава. Таким способом изготавливают среднечастотные и высокочастотные транзисторы, применяемые в каскадах УПЧ и преобразователях частоты радиоприемников.

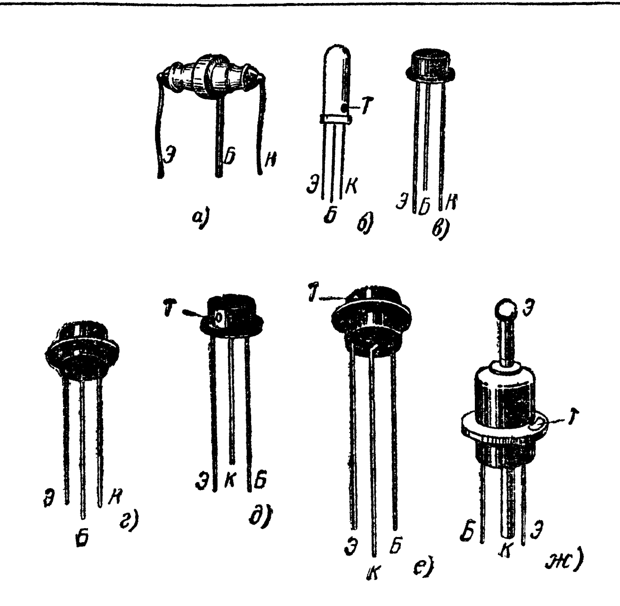


Рис. 38-8. Внешний вид и расположение выводов маломощных транзисторов.

а — П1А—П1И, П2А, П2Б; *б* — П5А—П5Ж; *в* — П6А—П6Д, П8—П11А, П13—П15А, П25—П26Б, П39—П41А, П101—П103; *г* — то же модернизированной конструкции; *д* — П401—П403А, П414—П415Б, П420—П423А; *е* — то же модернизированной конструкции; *ж* — П410—П411А.

Б — вывод базы; *К* — вывод коллектора; *Э* — вывод эмиттера; *Т* — точка на корпусе.

Диаметры транзисторов по рис. *в*—*ж* одинаковые.

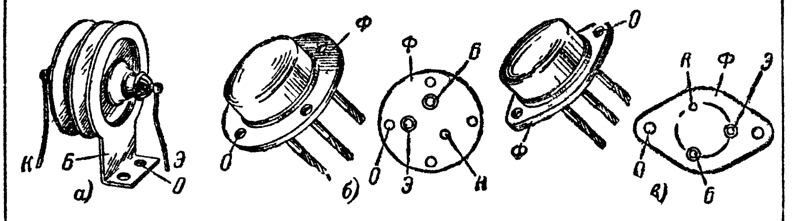


Рис. 38-9. Внешний вид и расположение выводов транзисторов большой мощности.

а — П3А—П3В; *б* — П4А—П4Д; *в* — П201—П203.

Б — вывод базы; *К* — вывод коллектора; *Э* — вывод эмиттера; *Ф* — теплоотводящий фланец; *О* — отверстие для крепления.

Поверхностно-барьерный транзистор (рис. 38-7, *в*). Электроды представляют собой тонкие слои металла, нанесенные в углублениях, вытравленных электрохимическим способом с двух сторон пластинки полупроводника.

Радиаторы для транзисторов. Транзисторы большой мощности, так же как и диоды, должны иметь охлаждение через специальные теплоотводящие радиаторы или шасси аппаратуры (см. стр. 577) Транзисторы прикрепляют к ним с помощью фланцев и винтов. Фланец является частью корпуса транзистора (рис. 38-9, *б* и *в*) или отдельной деталью, прикладываемой к транзистору (накидной фланец).

38-7. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

При использовании транзистора в усилителе сигналов и генераторе база его выполняет функцию управляющей сетки, эмиттер — катода и коллектор — анода электронной лампы. Однако лампа может работать без тока в цепи управляющей сетки (энергия в этой цепи не расходуется), а транзистор всегда работает с током в цепи управляющего электрода. К коллекторному переходу должно быть приложено от источника питания напряжение в запорном направлении. Когда транзистор работает в усилителе или генераторе, к эмиттерному переходу должно быть приложено меньшее по величине напряжение в пропускном направлении.

Постоянные напряжения, поступающие на транзисторы от источников питания, и вызываемые ими постоянные токи в цепях будем называть напряжениями и токами смещения, или для краткости просто смещением.

Каскад усиления на транзисторе можно выполнить: а) по схеме с общим эмиттером; б) по схеме с общей базой; в) по схеме с общим коллектором (рис. 38-10). Эти термины указывают, какой из электродов транзистора общий для его входной и выходной цепей, т. е. через какой электрод идут одновременно входной и выходной токи.

На схемах по рис. 38-10 полярность включения батарей показана применительно к транзисторам структуры *p-n-p*. Когда же используются транзисторы структуры *n-p-n*, полярность изменяется на обратную. В остальном схемы не изменяются.

Схема с общим эмиттером (рис. 38-10, *а—в*). Входной сигнал подводится к выводам базы и эмиттера. Источник питания цепи коллектора $Б_к$ и последовательно соединенное с ним нагрузочное сопротивление $R_н$ включены между выводами эмиттера и коллектора. Смещение на базу можно подать от отдельной батареи $Б_б$ через резистор (сопротивление) $R_б$ (рис. 38-10, *а*). Удобнее получать смещение на базу от источника питания коллектора $Б_к$ при помощи делителя напряжения из резисторов $R_с$ и $R_б$ (рис. 38-10, *б*). В схеме с общим эмиттером по рис. 38-10, *в* вывод базы соединен с выводом коллектора через резистор $R_с$; поэтому изменение напряжения коллектора (см. стр. 562) вызывает изменение напряжения базы — получается отрицательная обратная связь (см. стр. 141), снижающая усиление каскада.

В схеме с общим эмиттером транзистор дает наибольшее усиление по мощности (см. § 38-10) по сравнению с другими схемами

включения его, а усиление по току значительно больше единицы. Это наиболее распространенная в аппаратуре схема.

Схема с общей базой (рис. 38-10,*г*). Входной сигнал также подводится к выводам базы и эмиттера, но источник питания коллектора $Б_к$ и нагрузка $R_н$ включены между выводами коллектора и базы.

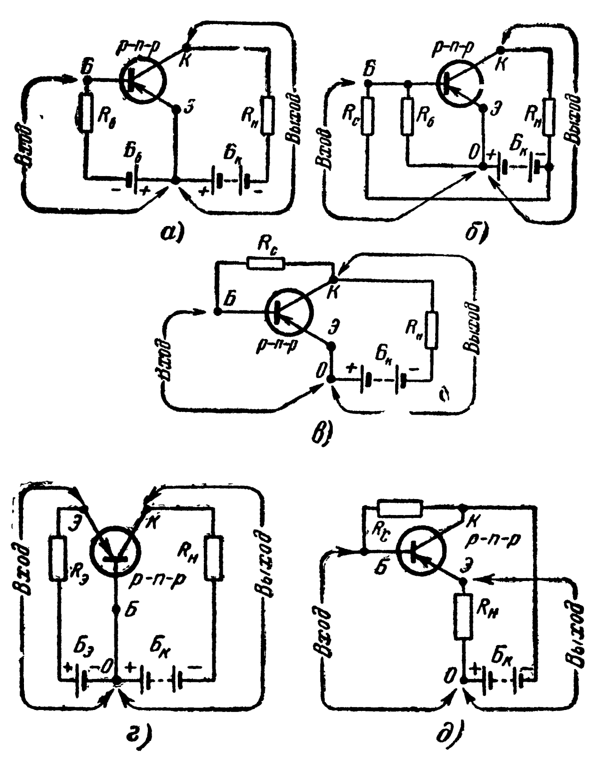


Рис. 38-10. Схемы включения транзисторов в усилительные каскады.

а — с общим эмиттером, смещения на базу и коллектор от различных батарей; *б*, *в* — с общим эмиттером, смещения на коллектор и базу от общей батареи; *г* — с общей базой; *д* — с общим коллектором.

Назначение источника питания $Б_э$ такое же, как и источника $Б_б$ в схеме с общим эмиттером. Плоскостной транзистор в такой схеме дает усиление по току меньше единицы и меньшее усиление по мощности, чем в схеме с общим эмиттером.

Схема с общим коллектором (рис. 38-10, *д*). Входной сигнал подводится к выводам базы и эмиттера через нагрузку $R_н$. Вследствие этого получается глубокая отрицательная обратная связь Смеще-

ние на базу поступает через резистор $R_с$. Плоскостной транзистор при такой схеме включения дает относительно небольшое усиление по мощности, а усиление по току больше единицы (почти такое же, как и в схеме с общим эмиттером).

Цепи схем на транзисторах. В схемах с транзисторами различают следующие электрические цепи (см. рис. 38-10).

Цепь коллектора образуется источником питания $Б_к$, сопротивлением нагрузки $R_н$, выводом коллектора и коллекторным переходом.

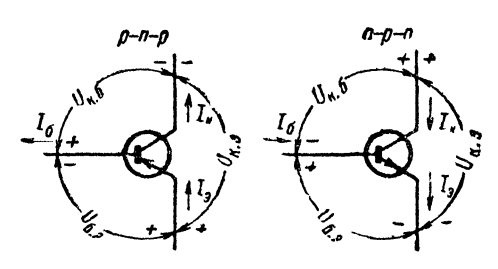


Рис. 38-11. Напряжения между электродами транзисторов. Полярность напряжения $U_{б.э}$ соответствует работе транзистора в режиме усиления.

Напряжение между коллектором и общим электродом называют напряжением коллектора. В схеме с общим эмиттером его обозначают $U_{к.э}$, а в схеме с общей базой $U_{к.б}$ (вторая буква в индексе обозначает общий электрод). Знак перед величиной напряжения (плюс или минус) выражает потенциал коллектора по отношению к общему электроду: для транзистора структуры *p-n-p* потенциал коллектора по отношению к общему электроду отрицателен, следовательно, и напряжение коллектора отрицательно; для транзистора структуры *n-p-n* напряжение коллектора соответственно положительно (рис. 38-11).

Ток через вывод коллектора называют током коллектора; его обозначают $I_к$. В соответствии с принятыми знаками для полярности напряжения коллектора ток коллектора транзистора структуры *p-n-p* имеет знак минус, а транзистора структуры *n-p-n* — знак плюс.

В практических схемах в цепь коллектора, кроме резистора (или вместо него), может быть включена катушка индуктивности (дроссель), обмотка трансформатора и другие элементы. В этом случае ток смещения коллектора и переменные составляющие тока коллектора могут идти во внешней цепи различными путями.

Цепь базы в схеме с общим эмиттером и в схеме с общим коллектором образуется всеми элементами, включенными между выводами базы и общего электрода (некоторые из них могут принадлежать цепи коллектора, например источники питания в схемах на рис 38-10, *б—г*), а также эмиттерным переходом.

Напряжение между базой и эмиттером в схеме с общим эмиттером и в схеме с общим коллектором называют напряжением

б а з ы; его обозначают $U_{б.э}$. Ток через вывод базы называют т о к о м б а з ы; его обозначают $I_б$. Напряжение $U_{б.э}$ и ток $I_б$ транзистора структуры *p-n-p* в схеме с общим эмиттером имеют знак минус, а транзистора структуры *n-p-n* — знак плюс.

Ц е п ь э м и т т е р а в схеме с общей базой образуется всеми элементами, включенными между выводами базы и эмиттера, и эмиттерным переходом.

Напряжение между эмиттером и базой в схеме с общей базой называется н а п р я ж е н и е м э м и т т е р а; его обозначают $U_{э\,б}$. Оно имеет знак, обратный знаку напряжения $U_{к\,б}$.

Во всех схемах включения транзистора ток через вывод эмиттера называют т о к о м э м и т т е р а; его обозначают $I_э$.

38-8. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Режим переключения (ключевой) применяется в устройствах управления и автоматики, где транзистор включается по схеме с общим эмиттером и используется в качестве «ключа» — элемента, замыкающего и размыкающего какую-либо электрическую цепь от действия внешнего сигнала. Транзистор может находиться в одном из двух состояний:

1. Транзистор «отперт» (состояние насыщения) — в цепи коллектора течет значительный ток, напряжение между коллектором и эмиттером невелико, бо́льшая часть напряжения источника питания падает на сопротивлении нагрузки в цепи коллектора.

2. Транзистор «заперт» (состояние «отсечки» тока) — на базе «запирающий» потенциал (обратного знака по сравнению со знаком смещения коллектора), тока в цепи коллектора практически нет (очень мал по сравнению с отпертым состоянием транзистора), напряжение коллектор — эмиттер почти равно напряжению источника питания, напряжение на сопротивлении нагрузки близко к нулю.

Переход транзистора из одного состояния в другое осуществляется сигналами, поступающими извне в цепь базы. Время перехода из одного состояния в другое (время переключения) порядка микросекунд; время нахождения транзистора в состояниях «отперт» и «заперт» может быть любым.

Импульсный режим. Это режим переключения, при котором в цепь базы поступают в определенной периодической последовательности электрические импульсы. От действия этих импульсов транзистор непрерывно с частотой следования их переходит из состояния «заперт» в состояние «отперт» и обратно.

Режим усиления. От действия сигнала, поступающего в цепь входного электрода, ток коллектора плавно изменяется. Если при этом изменении ток коллектора никогда не прекращается, — это режим А; если же периодически на некоторые отрезки времени ток коллектора прекращается (транзистор переходит в состояние отсечки тока коллектора), — это режим В.

38-9. ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

Обратный ток коллектора (коллекторного перехода) $I_{к0}$ — ток через вывод коллектора и коллекторный переход при разомкнутой цепи эмиттера (эмиттер никуда не присоединен — рис. 38-12, *а*); по

своей природе он аналогичен обратному току диода. Чем меньше $I_{к0}$, тем лучше качество транзистора, тем надежнее он в работе.

Обратный ток коллектора кремниевого транзистора значительно меньше, чем германиевого. При повышении температуры на каждые 10° С обратный ток коллектора германиевого транзистора увеличивается в 1,5—2 раза, а кремниевого — до 3 раз.

На этикетке транзистора и в справочниках указывают наибольшую возможную величину $I_{к0}$, измеряемую при комнатной (или иной) температуре и определенном напряжении на коллекторе, при которой транзистор считается годным.

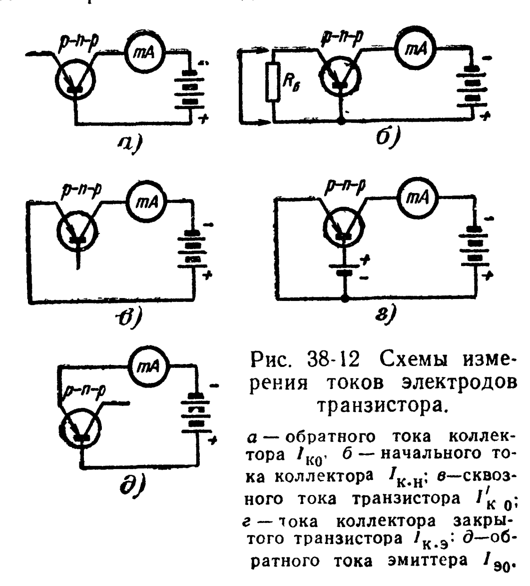


Рис. 38-12 Схемы измерения токов электродов транзистора.

а — обратного тока коллектора $I_{к0}$, *б* — начального тока коллектора $I_{к.н}$; *в*—сквозного тока транзистора $I'_{к\,0}$; *г* — тока коллектора закрытого транзистора $I_{к.э}$; *д*—обратного тока эмиттера $I_{э0}$.

Начальный ток коллектора $I_{к\,н}$ (или $I_{к.э0}$) измеряют при соединенных накоротко выводах эмиттера и базы транзистора или включая в цепь базы резистор сопротивлением $R_б$ (рис. 38-12, *б*). На этикетке транзистора и в справочниках указывают наибольшее возможное значение $I_{к.н}$ транзисторов данного типа при некотором определенном (обычно предельном) напряжении коллектора в условиях комнатной или повышенной температуры. Указывают также сопротивление резистора в цепи базы $R_б$, если $I_{к\,н}$ измеряется с этим резистором. Если $I_{к.н}$ транзистора сделается больше указываемой величины, то нет гарантии нормальной работы его в аппаратуре. $I_{к.н} > I_{к0}$.

При повышении температуры $I_{к\,н}$ увеличивается, а при понижении — уменьшается.

Сквозной ток транзистора $I'_{к\,0}$ — ток через оба перехода транзистора при включении источника питания между эмиттером и коллектором и разрыве цепи базы (рис. 38-12, *в*).

Ток коллектора закрытого транзистора $I_{к.з}$ — ток коллектора транзистора в схеме с общим эмиттером при наличии на базе напряжения обратного знака по сравнению с напряжением коллектора (рис. 38-12, *г*). Этот параметр имеет значение для работы транзистора в режиме переключения и импульсном режиме.

На этикетках транзисторов, предназначаемых для этой цели, и в справочниках указывают напряжение базы, при котором измеряется $I_{к.з}$, и наибольшую величину этого тока, при которой транзистор считается годным.

Обратный ток эмиттера $I_{э0}$ — ток через эмиттерный переход транзистора при включении на выводы его эмиттера и базы постоянного напряжения в запорном направлении. По своей природе он аналогичен обратному току диода; для некоторых типов транзисторов служит критерием их годности. На этикетках таких транзисторов и в справочниках указывают наибольшую величину $I_{э0}$, при которой транзистор считается годным, измеряемую при определенном напряжении $U_{э.б}$ и разомкнутой цепи коллектора (рис. 38-12, *д*). При повышении температуры $I_{э0}$ увеличивается.

Остаточное напряжение (напряжение насыщения транзистора) $U_{к.э.н}$ — падение напряжения между коллектором и эмиттером «отпертого» транзистора (работа в режиме переключения — см. § 38-8).

На этикетках транзисторов и в справочниках приводят величины $U_{к.э.н}$ с указанием токов коллектора и базы и сопротивления нагрузки в цепи коллектора, при которых эти величины измеряются. Типичные значения $U_{к.э.н}$ транзисторов: маломощных германиевых сплавных 0,1—0,4 *в*, маломощных германиевых диффузионно-сплавных 0,7—2 *в*, германиевых средней и большой мощности 0,3—1,5 *в*.

Статический коэффициент усиления по току (коэффициент усиления постоянного тока, статический коэффициент передачи тока базы) B — отношение тока коллектора к току базы при работе транзистора в схеме с общим эмиттером. На этикетках транзисторов и в справочниках приводят напряжение и ток коллектора, при которых регламентируется B.

Крутизна переходной характеристики S — отношение изменения тока коллектора к вызвавшему его изменению напряжения базы при работе транзистора в схеме с общим эмиттером. При малом уровне сигнала $S=h_{21э}/h_{11э}$ (см. § 38-10).

Мощность, рассеиваемая коллектором $P_к$ — мощность тока коллектора, превращающаяся в тепло, т. е. бесполезно расходуемая от источника питания на нагревание транзистора. При отсутствии сигнала $P_к$ определяется как произведение постоянного напряжения коллектора на постоянный ток коллектора. При наличии сигнала, когда транзистор работает в режиме А, рассеиваемая мощность уменьшается на величину мощности, отдаваемой во внешнюю цепь (нагрузку), а при работе в режиме В — увеличивается.

Мощность, рассеиваемая транзистором, — превращающаяся в тепло и нагревающая транзистор суммарная мощность токов всех его электродов. В цепи входного электрода (базы, эмиттера) усилительного каскада напряжение, ток, а значит, и мощность значительно меньше, чем в цепи коллектора, и поэтому мощность, рассеиваемую транзистором, практически принимают равной мощности, рассеиваемой коллектором.

38-10. МАЛОСИГНАЛЬНЫЕ, ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ И ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Малосигнальные параметры (h-параметры) характеризуют свойства транзисторов при использовании их при уровнях сигнала, значительно меньших по сравнению с напряжениями смещения на электродах.

При включении транзистора по схеме с общим эмиттером h-параметры имеют в индексах букву «э», а при включении по схеме с общей базой — букву «б». На этикетках транзисторов и в справочниках указывают значения малосигнальных параметров при типовых токах смещения электродов $I_к$ или $I_э$, напряжениях смещения $U_{к.э}$ или $U_{к.б}$ на низкой частоте (обычно 270 или 1 000 *гц*).

Для большинства маломощных НЧ сплавных транзисторов указывают параметры при $U_{к.б}$ или $U_{к.э}=5$ *в* и $I_э$ или $I_к=1$ *ма*, а для ВЧ и СВЧ диффузионно-сплавных — при $I_к=5$ *ма*.

Изменения тока смещения и температуры значительно влияют на малосигнальные параметры. Влияние изменения напряжения коллектора значительно меньше. Для высокочастотных транзисторов, кроме того, указывают параметры, характеризующие способность их усиливать или генерировать ВЧ сигналы. Значения этих параметров, называемых высокочастотными, регламентируют, как правило, при тех же напряжениях и токах смещения коллектора, что и малосигнальных параметров на низких частотах. При отклонении напряжений смещения от типовых высокочастотные параметры изменяются.

Коэффициенты усиления по току $h_{21э}$ и $h_{21б}$ (читают: «аш два один э», «аш два один б») — отношение переменной составляющей тока в цепи коллектора к вызвавшей ее переменной составляющей тока входного электрода (эмиттера, базы) при отсутствии нагрузки в цепи коллектора (источник питания коллектора с малым внутренним сопротивлением включен на выводы транзистора непосредственно или через очень малое сопротивление). Типичные значения для плоскостных транзисторов: $h_{21э}=10-100$; $h_{21б}=0,9\div0,99$. При этом

$$h_{21э}=\frac{h_{21б}}{1-h_{21б}}. \qquad (38\text{-}1)$$

Коэффициент передачи тока эмиттера α («альфа») — отношение малого изменения тока коллектора к вызвавшему его изменению тока эмиттера при включении транзистора по схеме с общей базой при отсутствии сопротивления в цепи коллектора; численное значение α практически равно $h_{21б}$.

Коэффициент передачи тока базы β («бэта») — отношение малого изменения тока коллектора к вызвавшему его изменению тока базы при включении транзистора по схеме с общим эмиттером при отсутствии нагрузки в цепи коллектора:

$$\beta=\frac{\alpha}{1-\alpha}\approx h_{21э}. \qquad (38\text{-}2)$$

Этот коэффициент также приближенно равен отношению начального тока коллектора к сквозному току, т. е.

$$\beta \approx \frac{I'_{к0}}{I'_{к0}}. \qquad (38\text{-}3)$$

Однако получаемые по этой формуле величины β будут меньше, указанных в § 38-13 и 38-14, так как они относятся к меньшим токам коллектора. Кроме того, при малых токах коллектора $\beta \approx B$.

Граничная (предельная) частота усиления по току. За эту частоту условно принимают такую высокую частоту, на которой коэффициент передачи тока составляет $1/\sqrt{2} \approx 0{,}7$ величины α на низкой частоте (меньше на 3 *дб*).

На этикетках транзисторов и в справочниках обычно указывают граничную частоту в схеме с общей базой f_α. Так как у плоскостных транзисторов α на низкой частоте близок к единице, то для упрощения за f_α принимают высокую частоту, при которой $\alpha = 0{,}7$.

Граничная частоты транзистора в схеме с общим эмиттером f_β всегда меньше f_α; при этом

$$f_\beta \approx \frac{f_\alpha}{\beta} \approx \frac{f_\alpha}{h_{21э}}. \qquad (38\text{-}4)$$

Следовательно, из числа транзисторов с одинаковым f_α, но разными α наибольшее f_β у транзистора с наименьшим α или β.

Некоторые транзисторы характеризуют предельной частотой в схеме с общим эмиттером, при которой β ($h_{21э}$) уменьшается до единицы (обозначается f_1), либо указывают величину β ($h_{21э}$) на определенной высокой частоте.

Рис. 38-13. График для пересчета коэффициентов передачи тока транзисторов α и β.

Максимальная частота генерирования $f_{ген}$ — наибольшая частота колебаний, которые способен генерировать транзистор при типовом режиме питания. Для большинства транзисторов $f_{ген} > f_\alpha$. При увеличении $U_{к.б}$ или $U_{к.э}$ частота $f_{ген}$ повышается, а при уменьшении — понижается.

Входное сопротивление $h_{11б}$, $h_{11э}$ (аш один один б, аш один один э) — отношение переменной составляющей напряжения входного электрода переменной составляющей тока через него в отсутствие нагрузки в цепи коллектора. Входное сопротивление транзистора зависит от схемы включения его. Для маломощных сплавных германиевых транзисторов типично значение $h_{11б} = 22 \div 30$ *ом*, для маломощных сплавных кремниевых 35—100 *ом*, для маломощных диффузионно-сплавных германиевых 7—50 *ом*.

$$h_{11э} \approx h_{11б}\, h_{21э}. \qquad (38\text{-}5)$$

Входное сопротивление усилительного каскада с транзистором может значительно отличаться от величины $h_{11э}$ (или $h_{11б}$); это сопротивление каскада, характеризующее его как нагрузку для источника входного сигнала каскада (например, для предыдущего каскада усиления), зависит от сопротивлений резисторов и токов в цепях электродов транзистора, частоты сигнала и других факторов.

Выходная проводимость $h_{22б}$, $h_{22э}$ (аш два два б, аш два два э) — отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей его напряжения при разомкнутой для переменного тока входной цепи (практически разомкнутой входную цепь можно считать, если смещение на входной электрод подается через большое сопротивление порядка десятков килоом).

Типичные значения $h_{22б}$ маломощных транзисторов: для германиевых сплавных 1—2,5 *мксим*, для кремниевых сплавных 0,5—2 *мксим*, для германиевых диффузионно-сплавных 1—5 *мксим*.

$$h_{22э} \approx \frac{h_{22б}}{\beta} \approx \frac{h_{22б}}{h_{21э}}. \qquad (38\text{-}6)$$

Дифференциальное сопротивление коллектора $r_к$ — обратная величина выходной проводимости транзистора $h_{22б}$, т. е. $r_к = \frac{1}{h_{22б}}$. Следовательно, $r_к$ — отношение переменной составляющей напряжения коллектора к переменной составляющей тока коллектора. В нормальных комнатных условиях $r_к$ маломощного транзистора имеет величину порядка от сотен тысяч ом до мегома.

Коэффициент усиления по мощности $K_р$ — отношение мощности сигнала переменного тока, выделяемой транзистором на его нагрузке, к мощности, получаемой от источника входного сигнала (предыдущего каскада); выражается он в децибелах.

На этикетках транзисторов и в справочниках указывают наименьшее значение $K_р$ на низкой частоте (обычно 1 000 или 270 *гц*) в схеме с общим эмиттером при определенных значениях: напряжения питания, тока смещения эмиттера (для маломощных транзисторов) или тока смещения коллектора и базы (для мощных транзисторов), нагрузочного сопротивления. При других режимах питания и нагрузочных сопротивлениях коэффициент усиления по мощности иной.

Коэффициент шума (шумфактор) $F_ш$ — число, показывающее, во сколько раз отношение сигнал/шум в выходной цепи транзистора меньше отношения сигнал/шум в его входной цепи. При уменьшении напряжений и токов смещения $F_ш$ уменьшается. Он регламентируется при определенных смещениях на электродах транзистора и нагрузках транзистора. Шумфактор кремниевых транзисторов больше, чем германиевых. Для маломощных низкочастотных транзисторов $F_ш \leqslant 30$ *дб* (уменьшение отношения сигнал/шум до 30—35 раз). Малошумящими называют транзисторы, у которых при пониженном смещении коллектора $F_ш \leqslant 10 \div 15$ *дб* (уменьшение отношения сигнал/шум до 4—6 раз).

38-11. ПРЕДЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Транзисторы должны работать в аппаратуре при токах электродов, напряжениях на них, рассеиваемых ими мощностях и температуре окружающей среды (или температуре корпуса транзистора), не превышающих предельных (максимальных) величин, указанных на этикетках транзисторов, в технических условиях на них или справочниках. Буквенные обозначения этих величин имеют в индексе добавление «макс».

В предельных режимах, особенно когда сочетаются хотя бы попарно предельное напряжение, предельный ток, предельная мощность и предельная температура, транзисторы работают ненадежно и могут быстро выйти из строя. При повышении температуры больше некоторого предела напряжения, токи и рассеиваемые мощности должны снижаться.

Предельный ток коллектора $I_{к.макс}$ и предельный ток эмиттера $I_{э.макс}$ регламентируются раздельно для режима усиления и режима переключения; при этом токи для последнего больше.

Предельный ток базы $I_{б.макс}$ указывается только для транзисторов большой мощности (имеется в виду прямой ток базы при работе транзистора в схеме с общим эмиттером); он имеет практическое значение при работе транзистора в режиме переключения.

Для того чтобы транзисторы не перегружались токами и работали надежно в схеме с общим эмиттером, необходимо соблюдать следующие условия:

а) В режиме усиления А ток покоя в цепи коллектора (постоянная составляющая) не должен превышать 0,4 $I_{к.макс}$, допускаемого для режима усиления.

б) В режиме усиления АВ или В при максимальной отдаваемой каскадом мощности постоянная составляющая тока коллектора не должна превышать величины 0,8 $I_{к.макс}$, допускаемого для режима усиления.

в) В режиме переключения ток коллектора отпертого транзистора не должен быть больше величины 0,8 $I_{к.макс}$, допускаемого для этого режима.

Предельное напряжение коллектора. Различают предельное напряжение коллектор — эмиттер $U_{к.э.макс}$ и предельное напряжение коллектор — база $U_{к.б.макс}$. При использовании маломощных транзисторов в схеме с общим эмиттером, если сопротивление в цепи базы $R_б$ не превышает некоторой величины (обычно 1—2 *ком*), $U_{к.э.макс}=U_{к.б.макс}$. При бо́льших $R_б$ напряжение $U_{к.э.}$ нужно снижать. Для транзисторов средней и большой мощности, как правило, $U_{к.э.макс}<U_{к.б.макс}$.

На этикетках транзисторов, в технических условиях на них и в справочниках указывают гарантируемые заводами-изготовителями ППП величины $U_{к.б.макс}$ при разомкнутой цепи эмиттера, а величины $U_{к.э.макс}$ — при базе короткозамкнутой с эмиттером или сопротивлении в цепи базы не более определенной величины.

Для обеспечения надежной работы транзистора в схеме с общим эмиттером необходимо соблюдать следующие условия:

а) Если допустимое (максимальное) напряжение источника питания для режима усиления не указано, это напряжение не должно быть больше 0,8 $U_{к.э.доп}$; при этом в схемах оконечных каскадов УНЧ или иных, работающих при больших уровнях сигнала, когда

в цепь коллектора включена большая для усиливаемых частот индуктивность (например, обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя, громкоговорителя и т. п.), напряжение источника питания не должно превышать величины 0,4 $U_{к.э.макс}$.

б) При работе транзистора в режиме переключения, напряжение питания не должно превышать величины 0,8 $U_{к.б.макс}$.

Предельное запирающее напряжение эмиттера $U_{б.э.макс}$ — напряжение эмиттер — база с полярностью, соответствующей непропускному направлению эмиттерного перехода (положительное для транзистора типа *p-n-p*), т. е. с полярностью, обратной по сравнению с необходимой для работы транзистора в режиме усиления. Этот параметр характеризует качество эмиттерного перехода. Величину $U_{б.э.макс}$ необходимо знать при использовании транзистора в режиме переключения или импульсном режиме.

Предельная мощность, рассеиваемая коллектором (транзистором), $P_{к.макс}$ при работе транзистора в режиме усиления А определяется в состоянии покоя (в отсутствие сигнала). Для транзисторов большой мощности, когда они работают без теплоотводящих радиаторов, $P_{к.макс}$ снижается.

Предельная температура. Для маломощных транзисторов регламентируется температура окружающей среды $T_{в.макс}$, а для транзисторов средней и большой мощности — температура корпуса транзистора $T_{к.макс}$. Для германиевых транзисторов эта температура 70° С, а для кремниевых 120° С.

38-12. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРОВ

Статическими характеристиками транзисторов называют кривые, графически выражающие зависимости между постоянными напряжениями и токами различных электродов транзистора (рис. 38-14).

Выходная характеристика показывает, как изменяется ток коллектора при изменении его напряжения, когда ток или напряжение базы (в схеме с общим эмиттером) либо ток или напряжение эмиттера (в схеме с общей базой) поддерживается неизменным.

Входная характеристика для схемы с общим эмиттером выражает зависимость тока базы от напряжения базы при неизменном напряжении или токе коллектора; для схемы с общей базой входная характеристика выражает зависимость тока эмиттера от напряжения эмиттера также при неизменном напряжении или токе коллектора.

Характеристика прямой передачи (переходная) показывает зависимость тока коллектора от напряжения или тока базы (для схемы с общим эмиттером) либо тока эмиттера (для схемы с общей базой) при неизменном напряжении или токе коллектора.

Характеристика обратной передачи (обратной связи) показывает зависимость напряжения базы (для схемы с общим эмиттером) или напряжения эмиттера (для схемы с общей базой) от напряжения или тока коллектора.

Семейством выходных, входных и других характеристик называют несколько характеристик, отличающихся тем, что каждая из них получена при определенном напряжении или токе базы или коллектора соответственно.

Статические характеристики находят применение при расчете схем, работающих при больших уровнях сигнала, например оконеч-

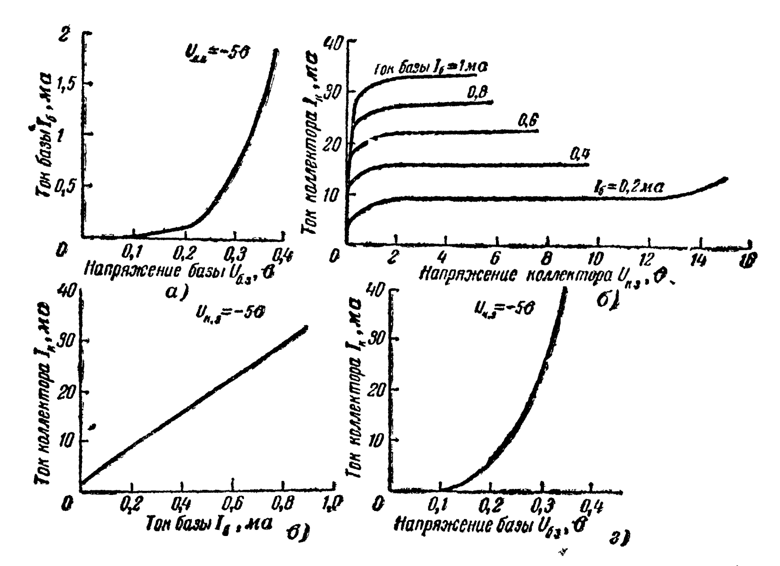


Рис. 38-14. Характеристики транзисторов П13Б, П15 в схеме с общим эмиттером.

а — входная; *б* — выходные; *в*, *г* — переходные (прямой передачи).

ных каскадов УНЧ; при этом достаточно иметь семейство входных и выходных характеристик транзистора для соответствующей схемы включения его.

38-13. ДАННЫЕ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Маломощные транзисторы, за исключением П5А—П5Е и П410—П411А, имеют металлические корпуса с $d_{макс}=12$ *мм* и $h_{макс}=$

Таблица 38-6

Данные германиевых маломощных транзисторов в стеклянных корпусах при комнатной температуре

Типы транзисторов	П5А	П5Б	П5В	П5Г	П5Д	П5Е
$h_{21б}$ (α)*	0,93—0,98	0,95—0,975	0,97—0,995		0,95—0,975	
$h_{21э}$ (β)*	13—50	19—40	32—200		19—40	
$F_ш$, *дб***	8—12	5—20	2—15	3—18	3—10	8—18

* При $U_{к.э}$ или $U_{к.б}=-2$ *в*, $I_э=1$ *ма*, $F=270$ *гц*.

** При $U_{к.э}=1$ *в*, $I_э=0{,}2$ *ма*.

Таблица 38-7

Данные германиевых маломощных НЧ транзисторов в металлических корпусах при комнатной температуре

Транзисторы структуры *n-p-n*	П8	П9А	П10	П10А	П10Б	П11	П11А
$h_{21э}$ (β)*	⩾10	15—45	15—30	15—30	25—50	25—50	45—90
f_{α}, *Мгц*△	⩾0,5	⩾1	⩾1	⩾1	⩾1	⩾2	⩾2
$I_{к.н}$, *мка*○	⩽30	⩽30	⩽30	⩽30	⩽100	⩽30	⩽30
$U_{к.э.макс}$, $U_{к.б.макс}$, *в*□	15	15	15	30	30	15	15

Транзисторы структуры *p-n-p*	П13, П39	П13Б, П39Б	П14, П40	П14А, П40А	П14Б, П40Б	П15, П41	П15А, П41А
$h_{21э}$ (β)*	20—60	20—60	20—40	20—40	30—60	30—60	50—100
f_{α}, *Мгц*△	⩾0,5	⩾0,5	⩾1 (0,5)	⩾1 (0,5)	⩾1	⩾2 (1)	⩾2 (1)
$I_{к.н}$, *мка*○	⩽30	⩽30	⩽30	⩽30	⩽50	⩽30	⩽30
$U_{к.э.макс}$, $U_{к.б.макс}$, *в*□	—15	—15	—15	—20	—20	—15	—15

* При $I_э$=1 *ма*, *F*=270 *гц*, $U_{к.э}$=5 *в* для транзисторов структуры *n-p-n* и $U_{к.э}$=—5 *в* для транзисторов структуры *p-n-p*.

△ При $U_{к.э}$= 5 *в* для транзисторов структуры *n-p-n*, $U_{к.э}$=— 5 *в* для транзисторов структуры *p-n-p* и $I_э$=1 *ма* для всех транзисторов; в скобках приведена f_{α} для транзисторов П40—П41А, если она меньше f_{α} транзисторов П14—П15А, указанной в тех же строках, но без скобок.

○ При $U_{к.э.макс}$.

□ До температуры окружающей среды 55° С; $U_{к.э.макс}$ указано для условия, что сопротивление в цепи базы $R_б \leqslant 2$ *ком* (при работе транзистора в схеме с общим эмиттером).

$=5{,}6$ *мм* (рис. 38-8, *в* и *д*) или $h_{макс}=7{,}6$ *мм* (рис. 38-8, *г* и *е*). Корпуса транзисторов П5 —П5Е стеклянные с $d_{макс}=4{,}5$ *мм* и $h_{макс}=8{,}5$ *мм* (рис. 38-8, *б*). Транзисторы П410—П411Б выполнены в металлических корпусах (рис. 38-8, *ж*) с $d_{макс}=11{,}5$ *мм* и $h_{макс}=$ $=30$ *мм* (высота вместе с выводами).

Транзисторы низкочастотные германиевые сплавные структуры *р-п-р* П5А—П5Е (рис. 38-8, *б* и табл. 38-6) предназначаются для использования главным образом в слуховых аппаратах (аппараты для плохослышащих). $I_{к0} \leqslant 15$ *мка* при $U_{к.б}=-2$ *в* в условиях комнатной температуры (для П5А не нормируется); $f_{\alpha}=300$ *кгц*.

Предельные режимы: $P_{к.макс}=25$ *мвт* при $T_{в} \leqslant 25°$ С и 5 *мвт* при 40° С; $I_{э.макс}=I_{к.макс}=10$ *ма* в режиме усиления; $U_{к.б.макс}=$ $=U_{к\,э.макс}=-10$ *в*.

Транзисторы низкочастотные германиевые сплавные П8—П11А, П13—П15А и П39—П41А (рис. 38-8, *в* и *г* и табл. 38-6 и 38-7). Предельные режимы при $T_{в} \leqslant 55°$ С : $P_{к.макс}=150$ *мвт*; $I_{к.макс}=I_{э.макс}=$ $=20$ *ма* в режиме усиления и 150 *ма* в режиме переключения или импульсном режиме.

Для транзисторов П13—П15А и П39—П41А пиковое значение напряжения $U_{к.б.макс}=-30$ *в*. Допустимое напряжение источника питания при работе этих транзисторов в усилительных схемах при больших уровнях сигнала — 10 *в*.

$$I_{к0}=0{,}5 \div 15 \text{ мка при } U_{к.б}=-5 \text{ в.}$$

«Малошумящие» транзисторы: П9А с $F_{ш} \leqslant 10$ *дб*; П13Б и П39Б с $F_{ш} \leqslant 12$ *дб* в схеме с общей базой при $U_{к.б.}=1{,}5$ *в* и $I_{э}=0{,}5$ *ма*.

Транзисторы кремниевые сплавные низкочастотные типов П101—П103 и П104—П106 (рис. 38-8, *в* и *г* и табл. 38-8). Предельные режимы при $T_{в} \leqslant 75°$ С : $P_{к.макс}=150$ *мвт*; в режиме усиления $I_{к.макс}=I_{э.макс}=20$ *ма* для транзисторов структуры *п-р-п* и 10 *ма* для транзисторов структуры *р-п-р*; в режиме переключения или импульсном режиме $I_{к.макс}$ в 5 раз больше.

Таблица 38-8

Взаимозаменяемость транзисторов старых и новых типов

Старые типы	Новые типы	Старые типы	Новые типы
П1А—П1Г, П1Е	П13, П39	П3А—П3В	П202*, П203*
П1Д	П13Б, П39Б	П6А, П6Б, П6Г	П13, П39
П1Ж	П14, П40	П6В	П14, П40
П1И, П13А	П15, П41	П6Д	П13Б, П39Б

* Использовать без теплоотводящего радиатора.

Транзистор П101А «малошумящий» ($F_{ш} \leqslant 18$ *дб* при $U_{к.б.}=1$ *в* и $I_{э}=0{,}2$ *ма* в схеме с общей базой).

Транзисторы ВЧ и СВЧ германиевые структуры *р-п-р* типов П401—П403А, П410—П411А, П414—П415Б, П421—П423А (рис. 38-8,

д—ж и табл. 38-10). Вывод эмиттера обозначен на корпусе красной или оранжевой точкой (у некоторых транзисторов П401—П403А—белой).

Таблица 38-9

Данные кремниевых НЧ транзисторов в металлических корпусах при комнатной температуре

Структура и тип транзистора	*n-p-n*					*p-n-p*		
	П101	П101А	П101Б	П102	П103	П104	П105	П106
$h_{21э}$ (β)*	⩾9	⩾9	⩾15	⩾18	⩾30	⩾9	⩾9	⩾13
f_{α}, *Мгц*△	⩾0,5	⩾0,5	⩾0,5	⩾1	⩾1	⩾0,1	>0,1	⩾0,5
$I_{к0}$○, *мка*	⩽1	⩽1	⩽1	⩽1	⩽1	⩽0,5	⩽0,5	**
$U_{к.э.макс}$□, $U_{к.б.макс}$, *в*	20	10	20	10	10	—60	—30	—15

* При $U_{к.э}$=5 *в*, $I_э$=1 *ма*, *F*=100 *гц* для транзисторов структуры *n-p-n* и при $U_{к.э}$=—5 *в* и $I_э$=1 *ма*, *F*=270 *гц* для транзисторов структуры *p-n-p*.

△ При $I_э$=1 *ма* и $U_{к.б}$=5 *в* для транзисторов структуры *n-p-n* или $U_{к.б}$=- 5 *в* для транзисторов структуры *p-n-p*.

○ Для транзисторов П101—П103 при $U_{к.б}$=5 *в*; для транзисторов типов П104 и П105 при $U_{к.б}$=—5 *в*.

** $I_{к.н} \leqslant 1$ *мка* при $U_{к.э}$=—20 *в*.

□ При сопротивлении в цепи базы $R_б \leqslant 1$ *ком*; при температуре выше 40 до 75° С напряжение снижать на 35%.

38-14. ДАННЫЕ ТРАНЗИСТОРОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Все эти транзисторы (см. рис. 38-9) германиевые сплавные структуры *p-n-p* низкочастотные. Транзисторы изготовляют также с лепестковыми выводами. Разметка отверстий в радиаторе (шасси) для выводов этих транзисторов и крепления их показана на рис. 38-15.

Транзисторы П4А—П4Д. Диаметр фланца корпуса $d_{макс}$=31 *мм*; высота корпуса $h_{макс}$=10,5 *мм*.

Токи при комнатной температуре: $I_{к0} \leqslant 0{,}4$ *ма* (для П4А 0,5 *ма*) при $U_{к.б}$=—10 *в*; $I_{к0} \leqslant 10$ *ма* при $U_{к.э.макс}$, указанном в табл. 38-11; $I_{к.н} \leqslant 20$ *ма* (для П4А 50 *ма*) при $U_{к.э.макс}$ согласно табл. 38-11 (измеряют в схеме по рис. 38-12, *б* при $R_б$=15 *ом*); $I_{э0} \leqslant 0{,}5$ *ма* при $U_{э.б}$=—10 *в*.

Граничная частота $f_{\alpha} \geqslant 150$ *кгц* при $U_{к.э}$=—10 *в*, $I_к$=2 *а* и сопротивлении в цепи коллектора 5 *ом*.

Предельно допустимые токи электродов: $I_{к.макс}$=5 *а*; $I_{б.макс}$=1,2 *а*. Не следует применять транзисторы П4А—П4Д в схемах, где $I_к$<75 *ма*. При использовании их без дополнительных радиаторов

Таблица 38-10

Данные германиевых маломощных ВЧ и СВЧ транзисторов при комнатной температуре

Типы транзисторов	П401, П421	П402, П422А	П403, П423	П403А, П423А	П410	П410А	П411
$h_{21э}$ (β)*	⩾15	⩾15	33—100	⩾15	28—100	100—250	28—100
$f_{ген}$, *Мгц***	⩾30	⩾60	⩾120	⩾120	⩾200	⩾200	⩾400
$I_{к0}$, *мка****	⩽10	⩽5	⩽5	⩽5	⩽2	⩽2	⩽2
$I_{к.макс}$, *ма*	10	10	10	10	20	20	20
$U_{к.б.макс}$, *в*	—10	—10	—10	—10	—8	—8	—8
$U_{к.э.макс}$, *в*****	—10	—10	—10	—10	—6	—6	—6
$P_{к.макс}$, *мвт*	50	50	50	50	100	100	100

Типы транзисторов	П411А	П414	П414А	П414Б	П415	П415А	П415Б
$h_{21э}$ (β)*	100—250	25—100	60—120	100—200	25—100	60—120	100—200
$f_{ген}$, *Мгц***	⩾400	⩾60	⩾60	⩾60	⩾120	⩾120	⩾120
$I_{к0}$, *мка****	⩽2	⩽2	⩽2	⩽2	⩽2	⩽2	⩽2
$I_{к.макс}$, *ма*	20	10	10	10	10	10	10
$U_{к.б.макс}$, *в*	—8	—10	—10	—10	—10	—10	—10
$U_{к.э.макс}$, *в*****	—6	—10	—10	—10	—10	—10	—10
$P_{к.макс}$, *мвт*	100	100	100	100	100	100	100

*При $U_{к.э}=-5$ *в*, $I_э=5$ *ма*, $F=50-1\,000$ *гц*.

** При $U_{к.э}$ или $U_{к.б}=-5$ *в*, $I_э=5$ *ма*.

*** При $U_{к.б}=-5$ *в*.

**** При сопротивлении в цепи базы не более 1 *ком*.

(например, при монтаже на панели из изоляционного материала) предельная мощность рассеивания коллектором $P_{к.макс}=2$ *вт* при $T_в \leqslant 20°$ С, не более 1,7 *вт* до 30° С, не более 1,4 *вт* до 40° С, не более 1,1 *вт* до 50° С; при монтаже на радиаторах из листового алюминия (рис. 38-16) $P_{к.макс}$ по табл. 38-12.

Транзисторы П201—П203. Размер фланца корпуса 20×31 *мм*, высота корпуса 10 *мм* (рис. 38-9, *в*).

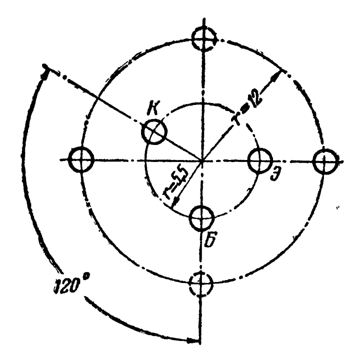


Рис 38-15. Разметка отверстий в теплоотводящем радиаторе (в шасси, панели) под транзисторы П4А—П4Г и П201 — П203.

Отверстия, показанные пунктиром, для транзисторов П201—П203 и всех транзисторов новой конструкции (с буквой М в обозначении) не нужны.

Токи при комнатной температуре: $I_{к0} \leqslant 0,4$ *ма* при $U_{к.б}=-20$ *в* для П201, П201А и при $U_{к.б.}=-30$ *в* для П202 и П203; $I_{к0} \leqslant 5$ *ма* при $U_{к.б}=-45$ *в* для П201, П201А и П202 и при $U_{к.б}=-70$ *в* для П203; $I_{к.н} \leqslant 10$ *ма* при $U_{к.э}=-30$ *в* для П201, П201А и при $U_{к.э}=-55$ *в* для П202 и П203 (измеряется в схеме по рис. 38-12, *б* при $R_б=50$ *ом*).

У транзисторов П203 $S=1,2 \div 1,8$ *а/в*. Граничные частоты $f_\alpha = 100$ *кгц* для П201 и П202 и 200 *кгц* для П201А, П202 и П203 (при $U_{к.э}=-10$ *в*, $I_к=0,2$ *а* и сопротивлении в цепи коллектора 5 *ом*).

Таблица 38-11

Данные германиевых НЧ транзисторов большой мощности при комнатной температуре

Тип транзистора	П4А	П4Б	П4В	П4Г	П4Д	П201	П201А	П202	П203
$h_{21э}$ (β)*	⩾5	15—40	⩾10	15—30	⩾30	⩾20	⩾40	⩾20	
$U_{к.б.макс}$, *в*	—60	—70	—40	—60	—60	—45	—45	—70	—70
$U_{к.э.макс}$, *в*	—50	—60	—35	—50	—50	—22	—22	—30	—30

* Для всех типов при $U_{к.э}=-10$ *в* и сопротивлении в цепи коллектора не более 5 *ом*; для П4А—П4Д при $I_к=2a$, частоте $F=1\,000$ *гц* и переменном напряжении (действующее значение) $U_{б.э} \leqslant 40$ *мв*; для П201—П203 при $I_к=0,2$ *а* и частоте $F=270$ *гц*.

Предельные режимы: для транзисторов П201, П201А $I_{к.макс}$=1,5 *а* в режиме усиления и 2 *а* в режиме переключения; для транзисторов П202 и П203 $I_{к.макс}$=2 *а* в режиме усиления и 2,5 *а* в режиме переключения. Предельное напряжение источника питания транзисторов П201 и П201А — 10 *в* и транзисторов П202 и П203 — 15 *в*.

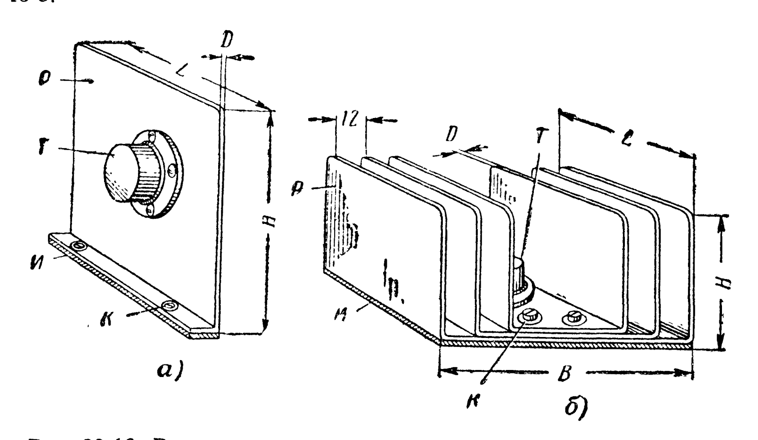


Рис. 38-16. Радиаторы из листового алюминия для транзисторов большой мощности.

И — изоляционная прокладка; *К* — крепежный винт с изоляционной шайбой; *Р* — металлическая пластина радиатсра; *Т* — транзистор.

При использовании транзисторов П201—П203 без дополнительных радиаторов при $T_в \leqslant 50°$ С $P_{к.макс} \leqslant 1$ *вт*, а при монтаже на радиаторах из листового алюминия — согласно табл. 38-12.

38-15. РАДИАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Нормальная работа диодов Д202—Д205, Д221, Д222 и транзисторов П4А—П4Д и П201—П203 при значительных рассеиваемых ими мощностях обеспечивается следующими мерами:

а) Размеры алюминиевого радиатора (теплоотвода) на каждый прибор должны быть не меньше указанных в § 38-5 и в табл. 38-12; можно использовать радиатор из меди или кадмированной стали с такими же размерами.

б) Радиатор для транзистора по рис. 38-16, *а* должен находиться в вертикальном положении; если расположить его горизонтально, он должен иметь в 2 раза бо́льшую площадь по сравнению с указанной в табл. 38-12. Использование в качестве радиатора для транзистора горизонтальной монтажной панели (шасси) практически возможно только при малых мощностях, рассеиваемых коллектором (обычно не более 3 *вт*).

в) Отверстия в радиаторе для выводов полупроводниковых приборов и крепящих их винтов должны иметь возможно меньшие

Таблица 38-12

Радиаторы из листового алюминия для транзисторов большой мощности

$P_{к.макс}$, *вт*	Вид по рис. 38-16	Конструкция и наименьшие размеры радиаторов, *мм*											
		Для $T_в \leqslant 30°$ С				Для $T_в \leqslant 40°$ С				Для $T_в \leqslant 50°$ С			
		L	*B*	*H*	*D*	*L*	*B*	*H*	*D*	*L*	*B*	*H*	*D*
Для транзисторов П4А—П4Д													
2	*а*	65	—	65	2,0	75	—	75	2,0	90	—	90	2,5
3	*а*	80	—	80	2,0	90	—	90	2,5	110	—	110	2,5
4	*а*	90	—	90	2,5	100	—	100	2,5	130	—	130	2,5
5	*а*	100	—	100	2,5	115	—	115	2,5	150	—	150	2,5
6	*а*	110	—	110	2,5	130	—	130	2,5	160	—	160	3,0
6	*б*	—	—	—	—	—	—	—	—	90	95	40	2,5
7	*а*	120	—	120	2,5	140	—	140	3,0	170	—	170	3,0
7	*б*	—	—	—	—	65	85*	40	2,5	95	95	40	2,5
8	*а*	130	—	130	2,5	155	—	155	3,0	180	—	180	3,0
8	*б*	65	85*	40	2,5	65	85*	40	2,5	95	95	50	2,5
9	*а*	140	—	140	3,0	155	—	155	3,0	190	—	190	3,0
9	*б*	65	85*	40	2,5	90	95	40	2,5	90	105	50	2,5
10	*а*	150	—	150	3,0	170	—	170	3,0	200	—	200	4,0
10	*б*	65	85*	40	2,5	90	95	40	2,5	90	105	50	2,5
12	*а*	170	—	170	3,0	200	—	200	4,0	—	—	—	—
12	*б*	90	95	40	2,5	90	100	50	2,5	100	150	80	4,0
14	*а*	190	—	190	3,0	250	—	250	6,0	—	—	—	—
14	*б*	90	100	50	2,5	100	105	80	4,0	—	—	—	—

Продолжение табл. 38-12

$P_{к.макс}$, *вт*	Вид по рис. 38-16	Конструкция и наименьшие размеры радиаторов, *мм*											
		Для $T_в \leqslant 30°$ С				Для $T_в \leqslant 40°$ С				Для $T_в \leqslant 50°$ С			
		L	*B*	*H*	*D*	*L*	*B*	*H*	*D*	*L*	*B*	*H*	*D*
16	*а*	250	—	250	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—
16	*б*	100	105	80	4,0	100	150	80	4,0	—	—	—	—
18	*б*	100	150	80	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—
20	*б*	100	150	80	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Для транзисторов П201—П203													
2	*а*	65	—	65	2,0	75	—	75	2,0	90	—	90	2,5
3	*а*	80	—	80	2,0	85	—	85	2,5	100	—	100	2,5
4	*а*	90	—	90	2,5	105	—	105	2,5	130	—	130	2,5
5	*а*	100	—	100	2,5	125	—	125	2,5	160	—	160	3,0
5	*б*	—	—	—	—	—	—	—	—	90	95	40	2,5
6	*а*	120	—	120	2,5	145	—	145	3,0	190	—	190	3,0
6	*б*	—	—	—	—	65	85*	40	2,5	90	105	50	2,5
7	*а*	140	—	140	3,0	165	—	165	3,0	—	—	—	—
7	*б*	65	85*	40	2,5	90	105	50	2,5	100	105	80	4,0
8	*а*	160	—	160	3,0	200	—	200	4,0	—	—	—	—
8	*б*	90	95	40	2,5	90	105	50	2,5	—	—	—	—
9	*а*	180	—	180	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—
9	*б*	90	105	50	2,5	100	105	80	4,0	—	—	—	—
10	*б*	100	105	50	2,5	100	150	80	4,0	—	—	—	—

* Из двух П-образных частей.

диаметры, только чтобы исключалась возможность замыкания выводов на радиатор; недопустимо для всех выводов транзистора большой мощности делать в радиаторе общее отверстие.

г) Полупроводниковый прибор должен быть плотно привинчен к радиатору в центре его и прилегать к нему всей поверхностью фланца. Транзисторы П4А—П4Д (рис. 38-9, *б*) обязательно прикреплять четырьмя винтами. Место установки полупроводникового прибора на радиаторе необходимо тщательно отшлифовывать.

д) Поверхность полупроводникового прибора, прилегающая к радиатору, а также прилегающие друг к другу горизонтальные части радиатора по рис. 38-16, *б* покрывать слоем вязкого невысыхающего минерального масла (рекомендуется веретенное масло), которое заполняет возможные воздушные зазоры между металлическими частями, улучшая передачу тепла от транзистора к радиатору и в окружающую атмосферу.

е) Радиатор изготовлять из черненого алюминия или окрашивать тонким слоем в черный матовый цвет после установки полупроводникового прибора.

ж) Когда транзистор работает в схеме с общим эмиттером или в схеме с общей базой, радиатор должен быть изолирован от металлической монтажной панели (шасси) прокладками из пленки полиэтилена, полистирола или иного изоляционного материала. Винты, крепящие радиатор, также должны быть изолированы от панели (шасси) при помощи шайб и втулок.

з) Если применяются два или большее число транзисторов и коллекторы их по схеме не должны иметь между собой электрического соединения, каждый транзистор монтируют на отдельном изолированном радиаторе.

и) Диоды Д202—Д205, Д221 и Д222 изолируют от радиатора (шасси) входящими в их комплектацию слюдяными шайбами. Увеличивать толщину прокладок не следует, так как при этом отдача тепла диодами ухудшается.

Иногда при помощи тонких прокладок изолируют транзисторы от радиатора (шасси); это нецелесообразно, так как такие прокладки ухудшают условия передачи тепла от транзистора к радиатору и размеры последнего приходится увеличивать.

Селеновые выпрямительные плоские столбы (рис. 38-4, *г*) также должны всей своей поверхностью плотно прилегать к шасси. Селеновые столбы открытой конструкции (рис. 38-4, *а* и *б*) для лучшего охлаждения нужно располагать вертикально.

38-16. МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В аппаратуре используют преимущественно германиевые транзисторы. Кремниевые транзисторы применяют только в особых случаях: когда транзисторы должны работать при температурах окружающей атмосферы 70—120° С или в схемах, где необходимы возможно меньшие обратные или начальные токи коллектора.

Указанные в § 38-5, 38-13 и 38-14 предельные напряжения, мощности рассеивания и размеры радиаторов германиевых полупроводниковых приборов для температуры окружающей среды $T_в \leqslant 30°$ С принимают только при конструировании аппаратуры, которая будет

работать в условиях умеренного климата при монтаже на открытых панелях при свободной циркуляции окружающего воздуха. Для аппаратуры ящичного типа, в которой имеются выделяющие тепло электронные лампы, трансформаторы и другие детали, когда аппаратура предназначается для работы в жарком климате, нужно принимать величины, относящиеся к температуре 40° С или более.

Во всех случаях полупроводниковые приборы следует располагать возможно дальше от частей аппаратуры, излучающих тепло.

Во время монтажа и при работе полупроводниковых приборов следует руководствоваться следующим:

1. Проволочные выводы электродов германиевых и кремниевых диодов, селеновых столбов из таблет и транзисторов можно изгибать на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса (от вершины стеклянного изолятора). Выводы диодов Д1 и Д9 можно осторожно изгибать на расстоянии 3 *мм* от стеклянного корпуса.

Многожильные выводы электродов транзисторов П4А—П4Д и П201—П203 допустимо изгибать не ближе 5 *мм* от трубочек, соединяющих эти выводы с жесткими выводами. Жесткие выводы этих транзисторов, а также диодов Д7А—Д7Ж и Д202—Д211, Д221, Д222 вообще недопустимо изгибать, так как это приводит к растрескиванию изоляторов и нарушению герметичности полупроводниковых приборов.

2. При пайке выводов полупроводникового прибора необходимо принимать меры для предотвращения перегрева его вследствие тепла, распространяющегося от паяльника по выводам. Для этого необходимо:

а) припаивать выводы на расстоянии не ближе 10 *мм* от корпуса прибора (изолятора); процесс пайки должен быть кратковременным (не более 10 *сек*); если пайка не удалась, можно повторить ее только через 2—3 *мин*;

б) припаиваемый вывод перед пайкой плотно зажать плоскогубцами между корпусом прибора и местом пайки; при этом тепло, распространяющееся по проводнику от паяльника, будет поглощено плоскогубцами;

в) следить за тем, чтобы паяльник даже на короткое время не прикасался к корпусу диода, транзистора или к шайбам селенового столба открытой конструкции, чтобы на них не попадали капли припоя и паяльного флюса;

г) к выводам коллектора и эмиттера транзисторов П410—П411А припаивать проводники нельзя; они должны включаться в схему при помощи зажимов.

3. Не укреплять транзисторы за выводы, крепить их только за корпус.

4. Не допускать попадания между шайбами селеновых столбов пыли, металлической стружки (например, от просверливаемых в шасси отверстий), кусочков припоя и других металлических частиц.

5. Не разбивать без надобности селеновые столбы, так как после вторичной сборки электрические параметры их могут ухудшиться.

6. Не следует собирать выпрямительные схемы из селеновых столбов с элементами различных размеров и типов.

7. Предохранять полупроводниковые приборы от механических повреждений. Сколы стеклянных изоляторов диодов и транзисторов, искривление селеновых шайб, царапины на их поверхности со стороны

слоя селена и повреждение окраски могут значительно ухудшить работу приборов или привести их в негодность.

8. Нельзя включать напряжения на транзистор, когда разорвана цепь базы; не разрывать цепь базы, когда на другие электроды поданы напряжения; это может повредить транзистор. Прежде чем отпаять (отсоединить) выводы транзистора из схемы, нужно выключить питание.

9. Не допускать неправильной полярности напряжений на транзисторе (например, положительного полюса на коллектор транзистора структуры *p-n-p*). Такое включение может привести транзистор в негодность. При установке его в схему нужно твердо знать, какова его структура (*p-n-p* или *n-p-n*).

10. Нельзя подавать на диоды напряжение в пропускном направлении даже от одного гальванического элемента без последовательно включенного ограничительного сопротивления, иначе диод может быть поврежден.

11. Не допускать короткого замыкания выхода выпрямителя на полупроводниковых диодах (нельзя, например, испытывать выпрямитель «на искру»); это может привести к повреждению диодов.

12. Точечные диоды в стеклянных неокрашенных корпусах (Д1, Д2), работающие при малых токах, следует оберегать от сильного света. В этих условиях возрастают обратные токи их и нормальная работа схемы может быть нарушена.

РАЗДЕЛ 39

РЕЗИСТОРЫ

39-1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В соответствии с новыми ГОСТ электрическим сопротивлениям как радиодеталям присвоено название резисторы. Это сделано для того, чтобы различать «сопротивление» как изделие и «сопротивление» как его электрическое свойство, электрическую величину.

Постоянные резисторы классифицируют по: а) типам (конструкции); б) номинальной мощности — наибольшей мощности, которая может длительное время рассеиваться на резисторе без вреда для исправной работы его; в) номинальному электрическому сопротивлению (сокращенно: номинал сопротивления) и г) наибольшему возможному отклонению действительного сопротивления от номинального; величину отклонения от номинала называют также допуском.

Переменные резисторы (потенциометры), кроме того, различают по характеру изменения сопротивления их между крайними и средними выводами при вращении их осей. Изготовляют резисторы, у которых сопротивление между средним выводом и любым из крайних изменяется прямо пропорционально изменению угла поворота (линия *А* на рис. 39-1), а также резисторы, у которых сопротивление между средним и правым выводами (если смотреть на резистор со стороны, противоположной стороне оси) при вращении оси по

часовой стрелке увеличивается по логарифмической кривой (кривая *Б*) или обратно-логарифмической (показательной) кривой (кривая *В*).

Номинальное сопротивление — сопротивление, обозначенное на резисторе (табл. 39-1). Для переменного резистора это сопротивление между его крайними выводами (см. § 39-5). На резисторах малых размеров вместо единицы измерения «килоом» обычно ставят букву к, вместо «мегом» — букву М, а обозначение «ом» вообще не ставят.

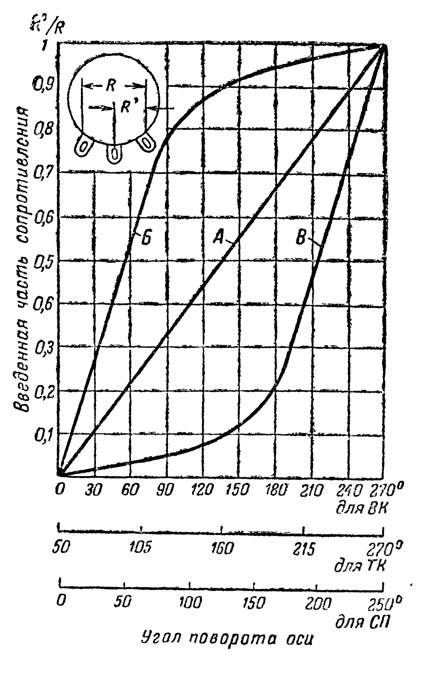


Рис. 39-1. Кривые зависимости введенного сопротивления переменного резистора от угла поворота его оси.

Допуск. Постоянные резисторы широкого применения изготовляют с предельно допускаемыми отклонениями (допуск) номинального сопротивления ±5, ±10 и ±20%. Отклонение ±5 или ±10% указывается на резисторе. Иногда вместо обозначения ±5% на резисторе стоит римская цифра I (первый класс точности), а вместо ±10% — цифра II (второй класс точности). Резистор, на котором допуск не указан, может иметь отклонение сопротивления от номинального ±20%.

Переменные резисторы широкого применения изготовляют с номинальными сопротивлениями по ряду «±20%» (табл. 39-1), но с допускаемыми отклонениями от номинала ±20, ±25 или ±30%. Допуск на них не обозначается.

Соседние номиналы резисторов с данным допускаемым отклонением отличаются друг от друга так, что наибольшее фактически важное сопротивление резистора, маркированного какой-либо номинальной величиной, совпадает с наименьшим фактически возможным сопротивлением (или несколько больше) ближайшего большего номинала.

Номинальная мощность рассеяния резистора. Эту величину указывает число, входящее в наименование постоянного резистора. Например, для резистора ВС-0,25 номинальная мощность 0,25 *вт*, для МЛТ-1 1 *вт*, для ПЭВ-10 10 *вт*. На резисторах малых размеров из-за недостатка места номинальная мощность рассеяния обычно не обозначается; ее можно определить по размеру резистора, пользуясь табл. 39-2.

Таблица 39-1

Стандартизованные ряды номинальных сопротивлений резисторов с различными допускаемыми отклонениями

Допускаемые отклонения от номинальных величин сопротивлений								
±5%	±10%	±20%*	±5%	±10%	±20%*	±5%	±10%	±20%*
Номинальные сопротивления: омы, десятки ом, сотни ом, килоомы, десятки килоом, сотни килоом, мегомы								
1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
1,1			2,4			5,1		
1,2	1,2		2,7	2,7		5,6	5,6	
1,3			3,0			6,2		
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
1,6			3,6			7,5		
1,8	1,8		3,9	3,9		8,2	8,2	
2,0			4,3			9,1		
						10	10	10

* Переменные непроволочные резисторы изготовляют с номинальными сопротивлениями только по этому ряду, начиная с 47 *ом*, с допускаемыми отклонениями от номинала ±20, ±25 и ±30%.

39-2. ВЫБОР РЕЗИСТОРОВ ДЛЯ АППАРАТУРЫ

В цепях управляющих сеток ламп каскадов УВЧ, УПЧ, УНЧ, сеточного детектора, электронно-светового индикатора настройки, в цепи сигнальной сетки лампы преобразователя частоты супергетеродина можно применить резистор с любым отклонением от номинальной величины сопротивления и даже с соседним номинальным сопротивлением по ряду «±20%» табл. 39-1 по сравнению с указанным в описании или на схеме аппаратуры.

Резистор в анодной цепи лампы, в цепи коллектора и эмиттера транзистора, в развязывающем фильтре, в цепи АРУ, в цепи гетеродинной сетки лампы преобразователя частоты, в детекторе АМ или ЧМ сигналов, резистор автоматического смещения на управляющую сетку подогревной лампы (в цепи ее катода), а также резистор, понижающий напряжение на экранирующую сетку лампы каскада УВЧ, УПЧ, УНЧ и преобразователя частоты гетеродина, следует выбрать с допускаемым отклонением ±10%. Если применить резистор с допускаемым отклонением ±20%, возможно, придется для установления нормального режима каскада подбирать резистор.

В цепи частотной коррекции и цепи отрицательной обратной связи усилителя НЧ, в делителе напряжения смещения базы транзисторного каскада также нужно применять резисторы с допускаемым отклонением ±10%, но и при таком допуске практически часто при-

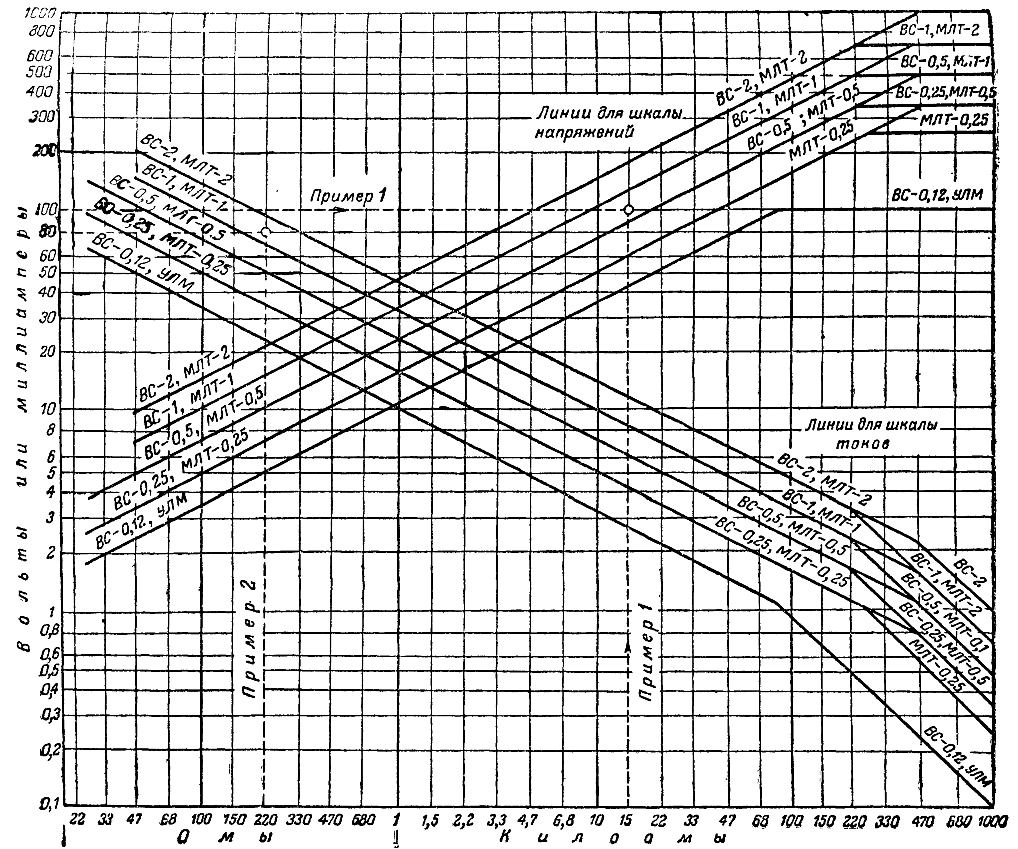


Рис. 39-2. Кривые для выбора номинальной мощности резистора по падению напряжения на нем или тока через него.

ходится подбирать их при регулировке изготовленной аппаратуры. При этом резисторы должны иметь номинальные мощности рассеяния не менее указанных в описаниях или на схемах аппаратуры. Если номинальная мощность не указана, ее можно определить по графику на рис. 39-2 по величине проходящего через резистор тока или падению напряжения на нем.

Чем больше сопротивление резистора, тем выше допустимое для него напряжение. Однако для резистора данного типа и номинальной мощности существует определенное предельное напряжение (соответствующее определенному сопротивлению), которое нельзя превышать, не опасаясь электрического пробоя в резисторе. Это выражается на графике по рис. 39-2 тем, что линии для шкалы напряжений при некоторых сопротивлениях имеют излом — из наклонных делаются горизонтальными. Соответствующие изломы имеются в линиях для шкалы токов.

Примеры пользования графиками на рис. 39-2:

Пример 1. Резистор сопротивлением 15 *ком* нужно подключить к источнику напряжения 100 *в*. Требуется определить номинальную мощность резистора.

Так как задано напряжение, пользуемся линиями для шкалы напряжений. Вертикальная линия, проведенная от деления «15 *ком*» шкалы «*Омы — килоомы*», пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления «100 *в*» шкалы «*Вольты*» в точке между наклонными линиями с обозначениями «*ВС-0,5*, *МЛТ-0,5*» и «*ВС-1*, *МЛТ-1*». Следовательно, необходимо применить резистор ВС-1 или МЛТ-1.

Пример 2. Сопротивление резистора смещения оконечного каскада 220 *ом*. Через него будет проходить ток 60 *ма*. Определить требуемую номинальную мощность резистора.

Поскольку задан ток через резистор, пользуемся линиями для шкалы токов. Вертикальная линия, проведенная от деления «220 *ом*» пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления «80 *ма*» шкалы «*Миллиамперы*», в точке между наклонными линиями с обозначениями «ВС-1, МЛТ-1» и «ВС-2, МЛТ-2». Следовательно, нужно применить резистор ВС-2 или МЛТ-2.

В регуляторах громкости и тембра можно применять потенциометры (переменные резисторы) любой номинальной мощности. Чтобы регулировка громкости была плавной, следует применять потенциометры с кривой вида В. Для регулировки тембра и напряжений применяют потенциометры с кривой вида *А* (рис. 39-1).

При использовании потенциометров СП, ВК и ТК для регулировки напряжений (токов) в аппаратуре, где имеется повышенная температура вследствие выделения тепла электронными лампами, трансформаторами или другими элементами схемы, эти потенциометры допустимо нагружать мощностями не больше половины номинальной.

Ленточные или проволочные выводы постоянных резисторов нельзя изгибать ближе, чем в 3—5 *мм* от их корпусов. Изгибы должны быть плавными с закруглениями, иначе выводы могут надломиться.

Перегрев резисторов может привести к изменению их сопротивлений. Чтобы избежать этого, паять гибкие выводы постоянных резисторов нужно на расстоянии не менее 5 *мм* от их корпусов. При этом вывод у самого корпуса резистора следует плотно захватить

плоскогубцами. Они отводят тепло и уменьшают нагрев резистора в процессе пайки. По той же причине процесс припаивания гибкого вывода постоянного резистора в схему, а также припаивания монтажного проводника к лепестку переменного резистора должен быть возможно более коротким (не более 10 *сек*). Если пайка не удалась, то ее можно повторить не ранее, чем через 2—3 *мин*.

39-3. КОНСТРУКЦИЯ ПОСТОЯННЫХ НЕПРОВОЛОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Эти резисторы наиболее распространены в радиоаппаратуре. Непроволочный резистор представляет собой цилиндрический керамический стержень, на поверхность которого в виде спирали нанесен тонкий слой материала с малой электропроводностью. На концы стержня надеты латунные луженые или посеребренные хомутики с ленточными «хвостами» из того же материала или колпачки из того же материала с проволочными медными выводами, расположенными по оси резистора. Стержень вместе с хомутиками или колпачками покрыт влагостойкой эмалью.

Таблица 39-2

Постоянные непроволочные резисторы

Тип	Номинальные сопротивления		Диаметр и длина корпуса наибольшие, *мм*
	наименьшее, *ом*	наибольшее, *Мом*	
Углеродистые			
ВС-0,125 (УЛМ)	10	1,0	2,5×7,0
ВС-0,25 ВС-0,25а	27	2,0	5,5×16,5
ВС-0,5	27	10,0	5,5×26,5
ВС-1	27	10,0	7,6×30,5
ВС-2	27	10,0	9,8×48,5
ВС-5	47	10,0	25×75,5
ВС-10	47	10,0	30×121
Металлопленочные			
МЛТ-0,125 (МЛМ)	51	2,2	2,0×6,0
МТ-0,125	100	1,1	2,0×7,0
МЛТ-0,25	51	3,0	3,0×7,0
МТ-0,25	100	2,0	2,7×8,0
МЛТ-0,5	100	5,1	4,2×10,8
МТ-0,5	100	5,1	4,2×10,8
МЛТ-1	100	10,0	6,6×13,0
МТ-1	100	10,0	6,6×18
МЛТ-2	100	10,0	8,6×18,5
МТ-2	100	10,0	8,6×28

У резисторов номинальной мощностью 5 *вт* и выше проводящий слой нанесен на керамическую трубку, а выводные контакты выполнены в виде массивных латунных хомутиков. В резисторах с малыми номинальными сопротивлениями слой этот не спиральный, а сплошной.

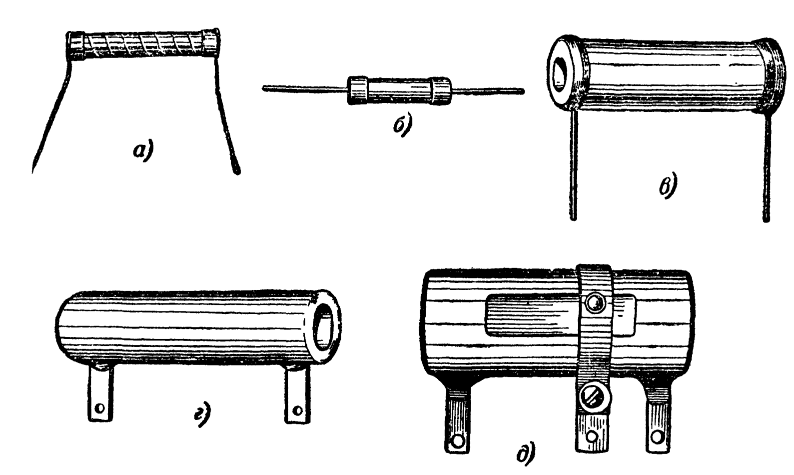


Рис. 39-3. Постоянные непроволочные и проволочные эмалированные резисторы.

а — ВС-0,125 — ВС-2, УЛМ; *б* — ВС-0,25а, МЛТ-0,125—МЛТ-2, МТ-0,125—МТ-2; *в* — ПЭ-7,5—ПЭ-150; *г* — ПЭВ-2,5—ПЭВ-100; *д* — ПЭВР-10—ПЭВР-100, ПЭВ-10Х—ПЭВ-100Х.

Резисторы ВС, УЛМ (рис. 39-3 и табл. 39-2). В качестве материала с малой электропроводностью используется слой углерода. Эти резисторы покрыты зеленой эмалью. Выводы ленточные (или проволочные — конструктивный вариант «а»).

Резисторы МЛТ, МТ. Электропроводящим материалом служит тонкий слой специального металлического сплава. Выводы проволочные. Резисторы МЛТ покрыты красной эмалью.

39-4. КОНСТРУКЦИЯ ПОСТОЯННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ ЭМАЛИРОВАННЫХ РЕЗИСТОРОВ

Эти резисторы представляют собой керамические трубки, на которые намотана нихромовая или константановая проволока, покрытая стекловидной эмалью коричневого или зеленого цвета (рис. 39-3 и табл. 39-3). Выводы резисторов ПЭ — гибкие жгуты из тонких медных проволок (некоторые резисторы имеют отводы от промежуточных витков). Выводы резисторов ПЭВ — латунные пластинки с отверстиями. К ним припаивают монтажные проводники. Крепят резисторы ПЭ и ПЭВ при монтаже металлическими болтами (или шпильками) с шайбами большого внешнего диаметра и гайками.

Таблица 39-3

Проволочные эмалированные резисторы постоянные и регулируемые

Тип резистора	Номинальная мощность, *вт*	Номинальные сопротивления	Внешний диаметр и длина наибольшие, *мм*
ПЭ-7,5	7,5	3,0 *ом*—5,1 *ком*	14×41
ПЭ-15	15	3,0 *ом*—5,1 *ком*	16×51
ПЭ-20	20	2,4 *ом*—5,1 *ком*	20×51
ПЭ-25	25	4,7 *ом*—5,6 *ком*	25×51
ПЭ-50	50	1,0 *ом*—16 *ком*	25×92
ПЭ-75	75	1,0 *ом*—30 *ком*	25×164
ПЭ-150	150	1,0 *ом*—51 *ком*	33×219
ПЭВ-2,5	2,5	43—430 *ом*	14×27
ПЭВ-3	3,0	3,0—510 *ом*	16×27
ПЭВ-7,5	7,5	1,0 *ом*—3,3 *ком*	16×36
ПЭВ-10	10	1,8 *ом*—10 *ком*	16×42
ПЭВ-15	15	3,9 *ом*—15 *ком*	19×46
ПЭВ-20	20	4,7 *ом*—20 *ком*	19×52
ПЭВ-25	25	10 *ом*—24 *ком*	23×52
ПЭВ-30	30	10 *ом*—30 *ком*	23×73
ПЭВ-40	40	18 *ом*—51 *ком*	23×89
ПЭВ-50	50	18 *ом*—51 *ком*	32×92
ПЭВ-75	75	47 *ом*—56 *ком*	32×143
ПЭВ-100	100	47 *ом*—56 *ком*	32×173
ПЭВР-10	10	3—220 *ом*	16×42
ПЭВР-15	15	5,1—220 *ом*	19×46
ПЭВР-20	20	10—430 *ом*	19×52
ПЭВР-25	25	10—510 *ом*	23×52
ПЭВР-30	30	15 *ом*—1 *ком*	23×73
ПЭВР-50	50	22 *ом*—1,5 *ком*	32×92
ПЭВР-100	100	47 *ом*—2,7 *ком*	32×173

Болт (шпильку) пропускают сквозь внутреннее отверстие трубки резистора.

Резисторы ПЭВР (старое название ПЭВ-Х) имеют подвижные хомутики, при помощи которых можно изменять сопротивление включенной части резистора.

39-5. ПЕРЕМЕННЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Переменные резисторы — потенциометры (рис. 39-4) применяют в радиоприемниках, усилителях, телевизорах, магнитофонах и другой аппаратуре для регулирования громкости, тембра, напряжения и тока.

Резисторы СП-I, СП-V и ВК. Основные части их: дужка из изоляционного материала, покрытая с одной стороны проводящим слоем углерода, укрепленная на оси, и изолированная от нее проволочная токосъемная щетка (ползунок). При вращении оси щетка перемещается по проводящей поверхности дужки. Весь этот механизм заключен в корпус из пластмассы и металла. Включается переменный резистор в схему при помощи трех контактных лепестков. Средний из них соединен со щеткой, а два крайних — с концами дужки.

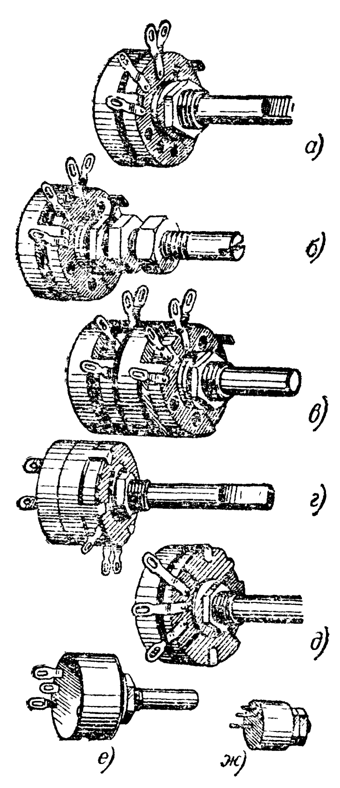


Рис. 39-4. Переменные непроволочные резисторы.

а — СП-I, СП-V; *б* — СП-II; *в* — СП-III; *г* — ТК; *д* — ВК; *е* — СПО-2; *ж* — СПО-0,5.

Выпускаются резисторы СП-I, СП-V и ВК с сопротивлениями, изменяющимися по кривым вида *А*, *Б* и *В* (рис. 39-1). Соответствующая буква стоит на корпусе резистора после величины номинальной мощности и номинального сопротивления.

Резисторы СП-I с кривой вида *А* имеют номинальную мощность рассеяния 1 или 2 *вт* и номинальные сопротивления 470 *ом* — 5 *Мом* с кривыми видов *Б* и *В* — 0,5 или 1 *вт* и 5 *ком* — 2,5 *Мом*; номинальные мощности резисторов СП-V 0,5 *вт* и 0,25 *вт*, сопротивления такие же.

Резисторы ВК с кривой вида *А* имеют номинальную мощность 0,5 *вт* и номинальные сопротивления 2,5 *ком* — 7,5 *Мом*, с кривыми вида *Б* и *В* — 0,2 или 0,4 *вт* и 15 *ком* — 2 *Мом*.

Диаметр корпуса резистора СП-I и СП-V 29 *мм*, а ВК 33,5 *мм*. Диаметры осей 6 *мм*.

Резистор СП-II (рис. 39-4, *б*) имеет механический фиксатор оси в виде разрезной втулки с навинчивающейся на нее гайкой. С помощью последней ось можно застопорить в любом положении. Номинальные мощности и сопротивления такие же, как у СП-I.

СП-III — сдвоенный резистор (два переменных резистора, контактные щетки которых укреплены на общей оси, рис. 39-4, *в*). Предназначен для регулирования напряжений (токов) одновременно в двух цепях вращением одной ручки.

СП-IV — такой же резистор, но с приспособлением для стопорения оси.

Номинальные сопротивления СП-III и СП-IV такие же, как у СП-I, а номинальные мощности резисторов вторых от оси вдвое меньше.

Резистор ТК (рис. 39-4, *г*) имеет конструкцию, аналогичную как и резистор ВК (рис. 39-4, *д*), при таком же диаметре, но с добавлением выключателя, который приводится в действие при вращении оси резистора, когда контактная щетка его находится в начале токопроводящего слоя. Выключатель используют для выключения питания приемника. Номинальные мощности и напряжения, как у резисторов ВК.

Резистор СНК сдвоенный, причем контактная щетка каждого из резисторов приводится в движение отдельной осью. Одна из осей проходит внутри другой — трубчатой. Конструкция резистора СНК аналогична конструкции резистора ВК.

Резистор СНВК сдвоенный с выключателем. Конструкция его аналогична конструкции резистора СНК.

Резистор СПО. Токопроводящий материал впрессован в дугообразную канавку в керамическом цилиндрическом основании корпуса и имеет значительно бóльшую толщину, чем у резисторов СП, ВК и аналогичных им. Поэтому резисторы СПО называются объемными. Сопротивления их изменяются по кривой вида *А* (см. рис. 39-1).

Диаметры корпусов: СПО-0,15 — 9,6 *мм*; СПО-0,5 — 15,6 *мм*; СПО-1 — 20,7 *мм*; СПО-2 — 28 *мм* (число в наименовании резистора обозначает его номинальную мощность). Диаметр оси резистора СПО-2 6 *мм*, остальных 3 *мм*. Номинальные сопротивления от 47 *ом* до 4,7 *Мом*.

РАЗДЕЛ 40

КОНДЕНСАТОРЫ

40-1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Простейший конденсатор образуется двумя металлическими поверхностями — обкладками, разделенными изоляционным веществом — диэлектриком. Для получения большей емкости применяют большее число обкладок, чередующихся со слоями диэлектрика, соединяя обкладки между собой через одну.

Соответственно применяемому диэлектрику конденсаторы называются воздушными, керамическими, стеклоэмалевыми, слюдяными, бумажными, пленочными и т. п.

Конденсаторы, емкость которых изменять нельзя, называют конденсаторами постоянной емкости. Они классифицируются по: а) конструкции (типам); б) номинальному напряжению; в) номинальной емкости; г) наибольшему возможному отклонению действительной емкости от номинальной (допуск по емкости). Керамические и слюдяные конденсаторы классифицируются дополнительно по зависимости емкости их от температуры.

О классификации конденсаторов переменной емкости см. § 40-11.

Номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$ — наибольшее напряжение между обкладками конденсатора, при котором он способен надежно и длительно работать. Для большинства конденсаторов постоянной емкости регламентируется номинальное напряжение постоянного тока.

Допустимое напряжение переменного тока всегда меньше. При работе конденсатора в цепи пульсирующего тока сумма напряжения постоянного тока и амплитудного значения напряжения переменного тока не должна превышать номинального напряжения. При невыполнении этих требований конденсатор может быстро прийти в негодность.

Когда на конденсаторе напряжение не обозначено, значит конденсаторы данного типа выпускаются только на одно номинальное напряжение. Его можно найти в справочниках.

Испытательное напряжение $U_{исп}$ — напряжение, в определенное число раз большее номинального рабочего напряжения, которое подают на конденсатор на короткое время, чтобы убедиться в том, что он будет надежно работать при возможных в эксплуатации недолговременных превышениях напряжения. Такому испытанию подвергаются все конденсаторы при выпуске с завода. Перед монтажом в аппаратуре конденсаторы подвергают иногда повторной проверке повышенным напряжением. Однако следует избегать проводить такие проверки многократно; они ухудшают качество конденсаторов.

Пробивное напряжение — напряжение, при котором разрушается диэлектрик конденсатора или возникает электрическая искра (дуга) между его обкладками через закраины диэлектрика. У исправного конденсатора это напряжение всегда выше испытательного.

Номинальная емкость $C_{ном}$ (номинал) — обозначенная на конденсаторе (табл. 40-1). На подстроечных конденсаторах через дробную черту обозначают два номинальных значения емкости в пикофарадах: минимальную и максимальную.

Фактическая минимальная емкость может быть неограниченно меньше, а фактическая максимальная — неограниченно больше обозначенной.

Допуск по емкости — предельное отклонение от номинальной емкости; как правило, выражается в процентах и обозначается на корпусах конденсаторов постоянной емкости. На электролитических, сегнетокерамических и некоторых других типов конденсаторах, изготовляемых только с одними предельными отклонениями от номинальной емкости, допуск не обозначается. Его можно найти в справочниках.

На конденсаторах постоянной емкости очень малых емкостей допуск обозначается в пикофарадах: ±1 *пф* — для слюдяных и стеклоэмалевых и ±0,4 *пф* — для керамических.

Отклонение от номинальной максимальной емкости конденсаторов переменной емкости и блоков из них обычно не превышает ±10%.

40-2. ВЫБОР КОНДЕНСАТОРОВ И МОНТАЖ ИХ

Конденсаторы постоянной емкости для радиоаппаратуры следует выбирать, руководствуясь табл. 40-2. При этом нужно учитывать следующее:

1. Если на конденсатор поступает постоянное напряжение (хотя бы через резистор), желательно, чтобы номинальное напряжение его было по крайней мере на 20—25% выше напряжения источника питания.

Таблица 40-1

Стандартизованные ряды номинальных емкостей конденсаторов постоянной емкости*

Допускаемые отклонения от номинальных емкостей							
± 2% ± 5%	± 10 %	± 20 % Δ	± 5% ± 10 %	±20 %	± 5 % ± 10% ± 20%		
Номинальные емкости: пикофарады, десятки, сотни и тысячи пикофарад			Номинальные емкости: микрофарады				
1,0	1,0	1,0	0,01	0,01	0,1	1,0	10
1,1							
1,2	1,2		0,012				
1,3							
1,5	1,5	1,5	0,015	0,015	0,15	1,5	15
1,6							
1,8	1,8		0,018	0,018			
2,0			(0,02)	(0,02)	(0,2)	(2,0)	(20)
2,2	2,2	2,2	0,022	0,022	0,22	2,2	22
2,4			(0,025)	(0,025)	(0,25)		(25)
2,7	2,7		0,027				
3,0			(0,03)	(0,03)			(30)
3,3	3,3	3,3	0,033	0,033	0,33	3,3	33
3,6							
3,9	3,9		0,039				
4,3			(0,04)	(0,04)		(4,0)	
4,7	4,7	4,7	0,047	0,047	0,47	4,7	47
5,1			(0,05)	(0,05)	(0,5)		
5,6	5,6		0,056				
6,2						(6,0)	
6,8	6,8	6,8	0,068	0,068	0,68	6,8	68
7,5			(0,07)	(0,07)			
8,2	8,2		0,082			(8,0)	
9,1							100
10	10	10					

* В скобках указаны не предусмотренные ГОСТ 2519-60 номинальные емкости, с которыми изготовляются начатые производством до введения этого ГОСТ бумажные конденсаторы КБ, КБГ-И, КБГ-М, КБГ-МП, КБГ-МН, металлобумажные конденсаторы МБГ-Ц, МБГ-П, МБГО и некоторых других типов.

Стандартизованные емкости электролитических конденсаторов: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 000, 2 000 и 5 000 *мкф*.

Δ С допускаемыми отклонениями $^{+80}_{-20}$% и $^{+100}_{-40}$% и номинальными емкостями порядка сотен и тысяч пикофарад по этому же ряду изготовляются керамические конденсаторы.

Таблица 40-2

Применение конденсаторов псстоянной емкости в радиоаппаратуре

Место в схеме	Рекомендуемый тип	Допуск по емкости [1], %	Цвет окраски или группа[1]
Цепи ВЧ и ПЧ			
Антенная цепь	КД, КТ, КС, КСО, ПМ	*	—
Колебательный контур детекторного или однолампового СВ—ДВ приемника	КТ, КС, КСО, БМ, КБ, КБГ-И, ПМ	—	—
Колебательный контур гетеродина (сопрягающий конденсатор)	КТ КС	± 5 ± 5	Красный Группа П
Другие колебательные контуры СВ и ДВ диапазонов, фильтры ПЧ (в том числе антенный)	КТ КС	±10 ±10	Красный Группа П
То же КВ диапазона	КТ, КД	±10	Красный, голубой, серый, синий
То же УКВ диапазона	КД, КТ	±10	То же
Связь между контурами ФПЧ	КД, КТ, КС КСО	±10 ±10 ±10	Голубой, серый Группа О, М Группа В, Г
Цепь управляющей сетки сеточного детектора или гетеродина	КД, КТ КС КСО	* * *	Голубой, серый Группа О, М Группа В, Г
Блокировочный конденсатор	КТ, КД, КДС, КСО, КС, БМ, КБ, КБГ-И, ПО, ПМ	*	—
Междукаскадная связь (переходный конденсатор), цепь обратной связи	КТ, КД, КСО КС, ПО, ПМ	*	—
Цепь экранирующей сетки, шунт резистора автоматического смещения, развязывающий фильтр	КД, КДС, КСО, БМ, КБ, КБГ-И, КБГ-М1, К40П-1	***	—
Фильтр цепи АРУ, электронно-световой индикатор настройки	БМ, КБ, КБГ-И, КБГ-М1, К40П-1	**	—

Место в схеме	Рекомендуемый тип	Допуск по емкости [1], %	Цвет окраски или группа[1]
Цепи НЧ			
Междукаскадная связь в ламповой схеме (переходный конденсатор)	КСО, БМ, КБ, КБГ-И КБГ-М2, ПО, КТ, КД, КДС, К40П-1	**	—
То же в схеме с транзисторами	ЭМ, КЭ	**	—
Регулятор тембра, цепь частотной коррекции; цепь отрицательной обратной связи	КСО, КС, ПО, БМ, КБ, КБГ-И, К40П-1	±5; ±10	—
Шунт первичной обмотки выходного трансформатора	КСО, КБ, КБГ-И, КБГ-М2	±10	—
Цепь экранирующей сетки каскада предварительного усиления	БМ, КБГ-И, КБГ-М1, МБГО, МБМ, МБГЦ, МБГП, К40П-1	***	—
То же оконечного каскада	КЭ, КЭГ, МБГП	***	—
Шунт резистора автоматического смещения	КЭ, КЭГ, ЭМ	***	—
Выпрямители, общие цепи питания			
Сглаживающий фильтр	КЭ, КЭГ, МБГО, МБГП (КМБГ)	***	—
То же питания электронно-лучевой трубки телевизора	КОБ, ПОВ	—	—
Цепь первичной обмотки трансформатора или автотрансформатора питания (помехозащитный конденсатор)[2]	КБ, КБГ-И КБГМ-1, К40П-1	**	—

[1] Если допуск, цвет или группа не указаны, можно применять конденсаторы рекомендуемых типов с любыми допусками, окраской или буквенной маркировкой соответственно.

[2] Номинальное напряжение выбирать по табл. 40-7.

* Допустимо применение конденсатора с номинальной емкостью ближайшей большей или меньшей в ряду „±20 %" табл. 40-1 по сравнению с указанной в описании приемника или полученной по расчету.

** Допустимо применение конденсатора с любой большей до двукратной емкостью по сравнению с указанной в описании приемника (усилителя, выпрямителя) или полученной по расчету.

*** Допустимо применение конденсатора с любой неограниченно большей емкостью.

2. Номинальное напряжение слюдяных и бумажных конденсаторов, включаемых в цепи переменного тока, выбирать руководствуясь табл. 40-6 и 40-7.

3. Можно применять конденсаторы с меньшими отклонениями от номинала, чем указано в табл. 40-2.

4. В аппаратуре, работающей в комнатных условиях, можно применять электролитические конденсаторы любой холодоустойчивости (см. § 40-10); конденсаторы с маркировкой «ПМ» или «ОМ» следует применять в аппаратуре, предназначенной для работы на морозе.

5. Если в описании или на схеме радиоприемника указана максимальная емкость блока конденсаторов переменной емкости (см. § 40-11) 450, 460 или 465 *пф*, то можно использовать блок конденсаторов максимальной емкостью до 510 *пф*. Блок с максимальными емкостями, меньшими указанных на схеме, не обеспечит перекрытия необходимого диапазона частот. Отклонение минимальных емкостей конденсаторов переменной емкости от обозначенных на схеме не имеет значения, так как начальную емкость контуров подгоняют подстроечными конденсаторами.

При монтаже конденсаторов необходимо учитывать следующее:

1. Включение отрицательного полюса напряжения постоянного тока на изолированный от корпуса вывод электролитического конденсатора (см. § 40-10) недопустимо, так как при этом конденсатор выходит из строя.

2. Когда одну из обкладок керамического трубчатого конденсатора типа КТ (см. § 40-3) нужно заземлить, к корпусу (шасси) радиоустройства следует присоединять внешнюю обкладку конденсатора. Если конструкция конденсатора такова, что трудно различить выводы, то завод-изготовитель наносит черную черту около вывода внешней обкладки на конденсатор.

3. Емкости подстроечных конденсаторов КПК (см. § 40-4) несколько изменяются с течением времени, главным образом вследствие микроскопических изменений воздушного зазора между статором и ротором. Этот недостаток можно несколько уменьшить, если по окончании регулировки аппаратуры покрыть торцы конденсатора лаком.

4. При изгибании и пайке выводов конденсаторов следует руководствоваться указаниями, данными для резисторов в § 39-2.

40-3. КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ

Керамическими в обиходе называют изделия и материалы, изготовленные путем обжига массы, основной частью которой является глина. По структуре они представляют собой спекшиеся от действия высокой температуры отдельные мелкие кристаллики. В технике керамическими называют многие материалы подобной же структуры и технологии изготовления, хотя глины в них зачастую вовсе нет или очень мало. К их числу относится конденсаторная керамика, применяемая в качестве диэлектрика конденсаторов. Изготовленные из нее конденсаторы называют керамическими.

Конденсатор КТ-1, КТ-2 (Керамический Трубчатый) представляет собой тонкостенную керамическую трубку, на внешнюю и внутреннюю поверхности которой нанесены слои серебра (рис. 40-1, *а—в* и табл. 40-3). Выводы от обкладок выполнены в виде припаянных к

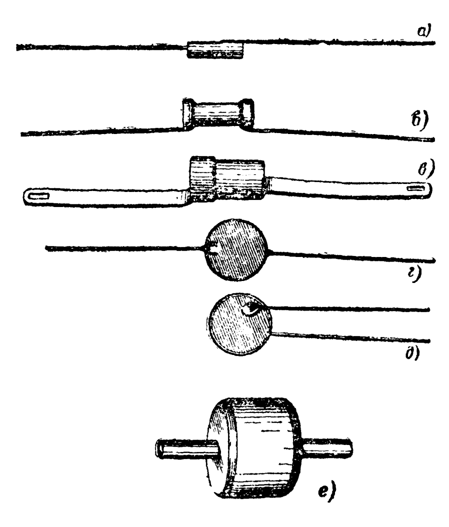


Рис. 40-1. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

а — КТ-1 (КТМ); *б*, *в* — КТ-2 (КТК); *г*, *д* — КД-1, КД-2, КДС-1, КДС-2, КДС-3; *е* — КОБ.

Таблица 40-3.

Трубчатые керамические конденсаторы

Тип	КТ-1 (КТМ)*		КТ-2 (КТК)*	
Диаметр, *мм* . .	2,6—4,4		5—7	
Длина, *мм* . . .	10—20		12—50	
Цвет окраски . .	Оранжевый	Другие цвета	Оранжевый	Другие цвета
$U_{ном}$, *в*	160	160	300	400
$U_{исп}$, *в*	480	750	900	1 200
$C_{ном}$, *пф*	680—10 000	1—560	680—33 000	2,2—2 200
Допуск, % . . .	+80 —20	±5; ±10; ±20	+80 —20	±2; ±5 ±10; ±20

* В скобках — старые названия.

обкладкам кусков медной посеребренной проволоки; у конденсаторов КТ-2 выводы могут быть изготовлены из ленты такого же материала.

Конденсатор КД-1, КД-2 (Керамический Дисковый модели 1 и 2) и КДС-1, КДС-2, КДС-3 (Конденсатор Дисковый Сегнетокерамический модели 1, 2, 3) представляет собой круглую керамическую пластинку, на плоские поверхности которой нанесены обкладки в виде слоев серебра. Выводы — проволочки, припаянные к обкладкам (рис. 40-1, *г* и *д* и табл. 40-4).

Таблица 40-4

Дисковые керамические конденсаторы

Тип конденсатора	КД-1 (КДМ)*		КД-2 (КДК-1, КДК-2)*	
Диаметр, *мм*	4—6		6—12	
Цвет окраски	Оранжевый	Другие цвета	Оранжевый	Другие цвета
$U_{ном}$, *в*	160	250	300	500
$U_{исп}$, *в*	480	750	900	1 500
$C_{ном}$, *пф*	680—2 200	1—130	680—4 700	1—270
Допуск, %	$+80$ -20	±5; ±10; ±20	$+80$ -20	±5; ±10; ±20

Тип конденсатора	КДС-1	КДС-2	КДС-3
Диаметр, *мм*	4,2	9,2	12,2
Цвет окраски		Оранжевый	
$U_{ном}$, *в*		250	
$C_{ном}$, *пф*	1 000	3 000	6 800
Допуск, %		$+100$ -40	

* В скобках—старые названия.

Конденсатор КОБ-1, КОБ-2, КОБ-3 (Керамический Опрессованный пластмассой Боченочный) — керамический цилиндр, на основания которого нанесены обкладки (рис. 40-1, *е*). Выводы — короткие металлические посеребренные стержни, припаянные к центрам обкладок. Для конденсатора КОБ-1 (∅ 21 *мм*, высота 18 *мм*) $U_{ном}=12$ *кв*, $C_{ном}=500$ *пф;* для конденсатора КОБ-2 (∅ 33 *мм*, высота 27 *мм*) $U_{ном}=20$ *кв*, $C_{ном}=500$ *пф*; для конденсатора КОБ-3 (∅ 62 *мм*, высота 40 *мм*) $U_{ном}=30$ *кв*, $C_{ном}=2\,500$ *пф*.

Значение цвета окраски. Керамические конденсаторы КТ, КД, КДС и др. окрашены в разные цвета, которые характеризуют стабильность их емкости при изменениях температуры. Емкость конденсаторов серого, голубого и синего цветов при изменениях темпе-

ратуры изменяется незначительно (рис. 40-2, *а*), поэтому такие конденсаторы называются термостабильными.

Емкость конденсатора зеленого и красного цветов при увеличении температуры заметно уменьшается (рис. 40-2, *б*). Эти конденсаторы называются термокомпенсирующими. При использовании в ре-

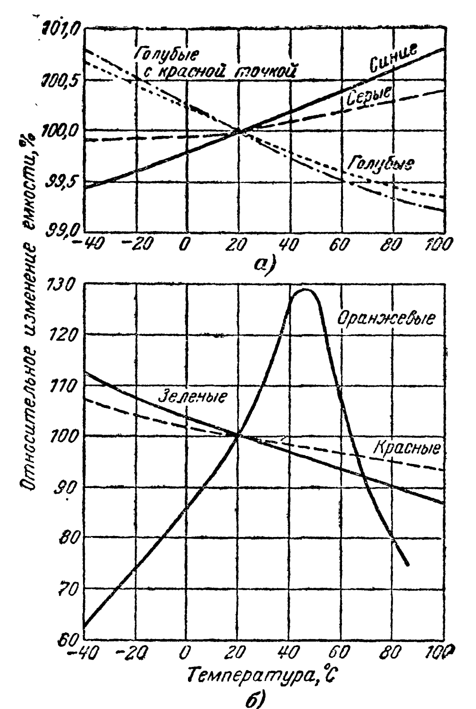


Рис. 40-2. Относительное изменение емкости керамических конденсаторов различной окраски при изменениях температуры.

а — термостабильных; *б* — термокомпенсирующих и сегнетокерамических.

зонансных контурах они дают возможность значительно улучшить стабильность их настройки при изменениях температуры.

Конденсаторы оранжевого цвета при изменениях температуры в широких пределах очень сильно изменяют емкость. Однако при комнатной температуре емкость их достаточно стабильна.

В практике могут встретиться керамические конденсаторы с нанесенными на них буквами. При этом независимо от цвета окраски стабильность емкости определяют так: конденсатор с маркировкой «П33» или «Р» соответствует серому конденсатору, с маркировкой

«М47» или «М» — голубому, с маркировкой «П120» или «С» — синему, с маркировкой «М1300» или «К» — зеленому, с маркировкой «М 700» или «Д» — красному, с маркировкой «М75» или «Л» — голубому с красной точкой, с маркировкой «Н-70» — оранжевому.

40-4. КЕРАМИЧЕСКИЕ ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Эти конденсаторы применяют главным образом для подгонки параметров колебательных контуров. Их называют также полупеременными.

Конденсатор КПК (Конденсатор Подстроечный Керамический) состоит из статора — керамического основания и ротора — подвиж-

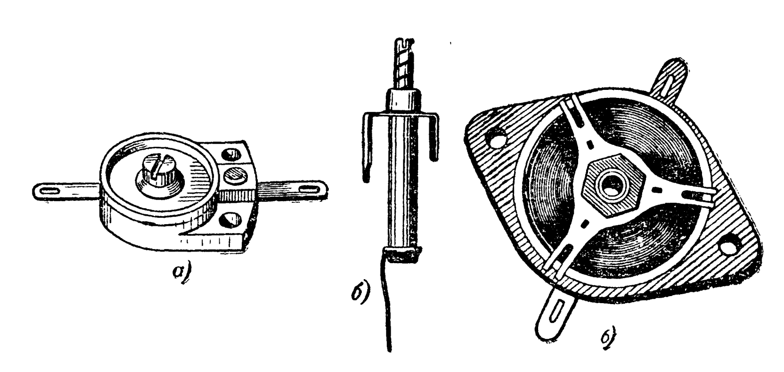


Рис. 40-3. Подстроечные керамические конденсаторы.

а — КПК-1; *б* — КПКТ; *в* — КПК-2.

ного керамического диска (рис. 40-3, *а* и *в*). Последний прикреплен к основанию на оси и его можно вращать с помощью отвертки. Одна из плоскостей ротора прилегает к поверхности статора. Одна из серебряных обкладок нанесена на эту поверхность статора, а другая — на поверхность ротора, противоположную шлифованной. Обе обкладки имеют форму секторов. Диэлектриком служит материал ротора. Выводы — контактные лепестки, приспособленные для припайки к ним внешних проводников. Вращая ротор, изменяют взаимное положение обкладок на нем и на статоре и емкость между ними.

Конденсаторы КПК-1 имеют роторы диаметром 18 *мм* и выпускаются с номинальными пределами изменений емкости 2—7, 4—15, 6—25 и 8—30 *пф*. Конденсаторы КПК-2 и КПК-3 имеют роторы диаметром около 33 *мм* и емкости их изменяются в пределах 6—60, 10—100 и 25—150 *пф*.

Испытательное напряжение для всех конденсаторов КПК 1 000 *в*.

Конденсатор КПКТ (Конденсатор Подстроечный Керамический Трубчатый). Основой его является керамическая трубка (рис. 40-3, *б*). Неподвижная обкладка в виде тонкого слоя серебра нанесена на ее внешнюю поверхность, а подвижная обкладка представляет собой находящийся внутри трубки металлический стержень с винтовой нарезкой и шлицем. С помощью отвертки стержень больше или мень-

ше вводится внутрь трубки или выводится из нее. При этом емкость конденсатора изменяется.

Выпускаются конденсаторы КПКТ с номинальными пределами изменений емкости 1—10, 2—15, 2—20 и 2—25 *пф*. Испытательное напряжение их 500 *в*.

Диаметр корпуса конденсатора КПКТ около 7,5 *мм* и высота около 29 *мм*.

40-5. СТЕКЛОЭМАЛЕВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Стеклоэмалями называют полупрозрачные неорганические стекла, обладающие относительно низкими температурами плавления.

Стеклоэмалевый конденсатор КС (рис. 40-4) представляет собой окрашенный в красный цвет параллелепипед, образованный из слоев стеклоэмали, чередующихся с обкладками в виде тонких слоев серебра. Все слои спечены между собой в условиях высокой температуры. Четные и нечетные обкладки соединены порознь параллельно на противоположных торцах конденсатора.



Рис. 40-4. Стеклоэмалевый конденсатор КС.

Конденсаторы изготовляются на номинальное напряжение 500 *в* с номинальными емкостями от 10 до 1 000 *пф* при допускаемом отклонении от номинала ±2, ±5, ±10 или ±20%. Испытательное напряжение не более двукратного номинального. Размеры конденсаторов КС-1 14×8×6 *мм*, КС-2 19×12×6 *мм* и КС-3 20×15×6 *мм*.

Емкость конденсаторов, маркированных буквой О, при изменениях температуры изменяется незначительно, буквой Р при повышении температуры увеличивается, а буквами М и П при повышении температуры уменьшается; больше всего влияет температура на емкость конденсаторов с буквой П.

Конденсаторы КС выпускаются с проволочными выводами или без них. Конденсаторы последнего варианта используются в печатных схемах. При этом внешние проводники припаиваются непосредственно к металлизированным торцам конденсаторов.

40-6. СЛЮДЯНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы КСО (Конденсаторы Слюдяные, Опрессованные в пластмассу) изготовляются: 1) с обкладками из фольги и 2) с обкладками из серебра, нанесенного непосредственно на поверхность слюды. Последние маркируются буквой Б, В или Г, характеризующей стабильность их емкости при изменениях температуры. Емкость конденсаторов с буквой Б изменяется не более чем на ±0,2%, с буквой В — на ±0,1% и с буквой Г — на ±0,05%, при изменении температуры на каждые ±10° С. Емкость конденсаторов с фольговыми обкладками (они не имеют буквенной маркировки) весьма нестабильна при изменении температуры и во времени. Конденсаторы КСО-1, КСО-2 и КСО-5 (рис. 40-5, *а—в*) имеют проволочные выводы, КСО-6, КСО-7 и КСО-8 — выводы в виде металлических

Таблица 40-5

Основные данные слюдяных конденсаторов

Тип	Номинальное напряжение, *в*	Номинальные емкости, *пф*	Длина*, ширина и толщина корпуса наибольшие, *мм*
КСО-1	250	51—750	14×8×5
КСО-2	500	100—2 400	19×12×6,3
КСО-5	250	7 500—10 000	21×21×10
КСО-5	500	470—10 000	
КСО-6	1 000	1 200—2 700	28×17×10
КСО-7	1 000	2 400—3 300	33×29,5×10
КСО-7	1 500	1 100—2 200	
КСО-8	250	10 000—30 000	33×29,5×12
КСО-8	500	12 000—30 000	
КСО-8	1 000	7 500—10 000	
КСО-8	1 500	4 700—6800	

* Длины конденсаторов указаны без выводов.

лепестков (рис. 40-5, *г* и *д*). В корпусах конденсаторов КСО-7 и КСО-8 имеются отверстия для крепления. На конденсаторах КСО-1, КСО-2, КСО-5 и КСО-6 обозначение типа не ставится. Различить их можно по внешнему виду и размерам (табл. 40-5).

Конденсаторы КСО выпускаются с допуском по емкости ±2, ±5, ±10 и 20%. Испытательное напряжение не больше удвоенного номинального. На конденсаторы КСО можно подавать напряжения переменного тока не выше указанных в табл. 40-6.

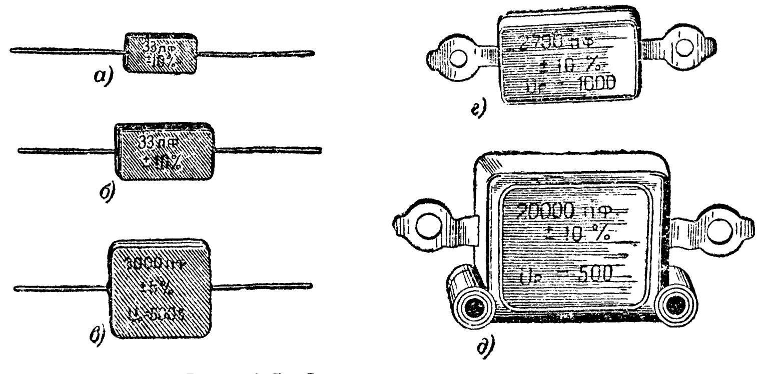


Рис. 40-5. Слюдяные конденсаторы.

а — КСО-1; *б* — КСО-2; *в* — КСО-5; *г* — КСО-6; *д* — КСО-7; КСО-8.

Таблица 40-6

Предельные напряжения переменного тока для конденсаторов КСО (действующие значения)

Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	250 и 500	1 000	1 500
Напряжение переменного тока частотой до 50 *гц, в*	175	210	320
Напряжение переменного тока частотой до 10 000 *гц, в*	100	140	210
Напряжение переменного тока частотой свыше 10 000 *гц, в*	35	35	50

40-7. БУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Обкладки бумажного конденсатора — ленты из фольги (обычно алюминиевой) толщиной 7—8 *мкм*, а диэлектрик — находящиеся между ними ленты из специальной конденсаторной бумаги толщиной 4—15 *мкм*, пропитанной вазелином. Чем выше номинальное напряжение конденсатора, тем больше толщина бумаги и число слоев ее между обкладками. Фольговые и бумажные ленты свернуты в рулон, называемый конденсаторной секцией.

Конденсатор КБ (Конденсатор Бумажный) — пропитанный церезином картонный цилиндр диаметром от 14 до 32 и длиной 37—57 *мм* (рис. 40-6, *а*), внутри которого находится конденсаторная секция. Выводы от обкладок проволочные выходят из торцов корпуса. Изготовляются со следующими номинальными емкостями и напряжениями: 0,01—0,5 *мкф* на 200 *в*; 4 700 *пф* — 0,3 *мкф* на 400 *в*; 4 700 *пф* — 0,2 *мкф* на 600 *в*. Допуск по емкости ±10 или ±20%.

Конденсатор БМ (Бумажный Малогабаритный) — цилиндрическая металлическая трубка диаметром 5—7,5 *мм* и длиной 17—24 *мм* (рис. 40-6, *б*), внутри которой находится секция. Торцы трубки залиты эпоксидным компаундом, через который выходят наружу проволочные выводы от обкладок. У конденсаторов БМ-2 выводы припаяны к обкладкам, у БМ-1 контакт между выводами и обкладками осуществлен без пайки.

Номинальные емкости и напряжения: 0,033—0,05 *мкф* на 150 *в*; 3 300 *пф* — 0,03 *мкф* на 200 *в*; 470—2 200 *пф* на 300 *в*. Допуск по емкости ±10 или ±20%. Испытательное напряжение в 2 раза больше номинального. Предельно допустимые напряжения переменного тока см. табл. 40-7.

Конденсатор К40П-1. Его цилиндрическая секция опрессована пластмассой (рис. 40-6, *в*). Проволочные выводы выходят из торцов корпуса. Диаметр конденсатора от 7 до 13 *мм*, длина от 25 до 45 *мм*. Номинальные емкости и напряжения: 3 900 *пф* — 0,25 *мкф* на 400 *в* и 470 *пф* — 0,02 *мкф* на 600 *в*. Допускаемое отклонение от номи-

Таблица 40-7

Предельные напряжения переменного тока для бумажных конденсаторов

Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	Напряжения переменного тока, *в* (действующие значения)					
	при частоте 50 *гц*			при частотах до 500 *гц*		
	для БМ и К40П-1 всех емкостей	для КБГ-И, КБГ-М, КБГ-МП и КБГ-МН до 2 *мкф*	для КБГ-МН от 4 до 10 *мкф*	для БМ и К40П-1 всех емкостей	для КБГ-И, КБГ-М, КБГ-МН и КБГ-МП до 2 *мкф*	для КБГ-МН от 4 до 10 *мкф*
150	100	—	—	60	—	—
200	150	160	130	75	100	50
300	230	—	—	120	—	—
400	140	250	200	70	125	75
600	170	300	250	85	150	100
1 000	—	400	350	—	200	150
1 500	—	500	—	—	250	—

нальной емкости ±5, ±10 или ±20%. Испытательное напряжение в 2 раза больше номинального.

Конденсатор КБГ-М (Конденсатор Бумажный Герметичный в Металлическом корпусе) представляет собой цилиндрическую трубку диаметром 10—17 *мм* и длиной 38—50 *мм* (рис. 40-6, *д*). Конденсатор, одна из обкладок которого соединена с корпусом, а другая от него изолирована, носит название КБГ-М1; если же обе обкладки изолированы от корпуса, конденсатор называется КБГ-М2. Изолированные проволочные выводы выходят из корпусов через впаянные в их торцы стеклянные изоляторы. Номинальные емкости и напряжения: 0,04—0,25 *мкф* на 200 *в*; 0,07—0,25 *мкф* на 400 *в*; 0,01—0,15 *мкф* на 600 *в*. Допуск по емкости ±5, ±10 или ±20%. Испытательное напряжение не выше утроенного номинального.

Конденсатор КБГ-И (Конденсатор Бумажный Герметичный в корпусе из Изоляционного материала) имеет секцию, заключенную в цилиндрический корпус из белой глазурованой керамики (рис. 40-6, *г*). На его торцы напаяны металлические колпачки с ленточными «хвостами» для включения (припайки) в схему. Диаметр корпуса с колпачками от 7 до 16 *мм*, длина от 15 до 26 *мм*. Номинальные емкости и напряжения: 680—4 700 *пф* и 0,02—0,1 *мкф* на 200 *в*; 470—1 500 *пф* и 0,015—0,05 *мкф* на 400 *в*; 470—6 800 *пф* и 0,01 — 0,03 *мкф* на 600 *в*. Допуск по емкости ±5, ±10 или ±20%. Испытательное напряжение не больше утроенного номинального.

Конденсаторы КБГ-МП (Конденсатор Бумажный Герметичный в Металлическом Плоском корпусе) и КБГ-МН (то же в Металлическом «Нормальном» корпусе) имеют по одной или нескольку соединенных в параллель секций. Выводы от обкладок проходят через стеклянные изоляторы, на которых расположены контактные лепестки для включения в схему пайкой (рис. 20-6, *е—ж*).

Номинальные емкости и напряжения конденсаторов КБГ-МП: 0,5—2 *мкф* на 200 *в*; 0,25 *мкф* на 400 *в*; 0,25 — 1 *мкф* на 600 *в*; 0,01—0,5 *мкф* на 1 000 *в*; 0,01—0,25 *мкф* на 1 500 *в*. Размеры корпусов: длина от 46 до 51 *мм*, ширина от 26 до 51 *мм*, высота от 18 до 25 *мм*.

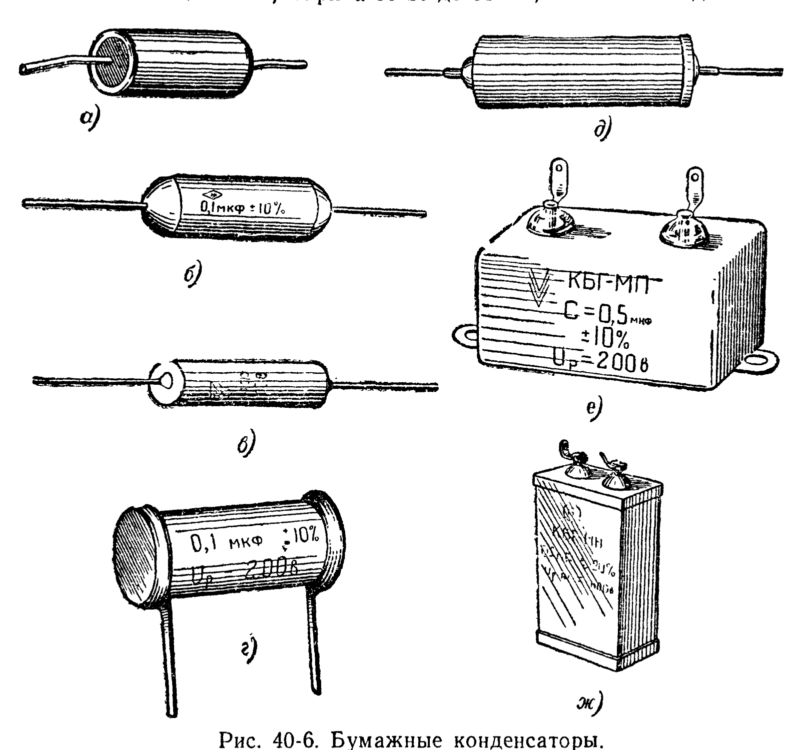


Рис. 40-6. Бумажные конденсаторы.

а — КБ; *б* — БМ; *в* — К40П-1; *г* — КБГ-И; *д* — КБГ-М; *е* — КБГ-МП; *ж* — КБГ-МН.

Номинальные емкости и напряжения конденсаторов КБГ-МН: 1—10 *мкф* на 200 *в*; 1—8 *мкф* на 400 *в*; 0,5—6 *мкф* на 600 *в*; 0,25—4 *мкф* на 1 000 *в*; 0,25—2 *мкф* на 1 500 *в*. Размеры корпусов: длина от 38 до 68 *мм*, ширина от 23 до 63 *мм*, высота от 60 до 100 *мм*.

Конденсаторы КБГ-МП и КБГ-МН изготовляются с допуском по емкости ±5, ±10 и ±20%. Испытательные напряжения не выше утроенных номинальных (для 1500-вольтовых конденсаторов 3 000 *в*).

40-8. МЕТАЛЛОБУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Диэлектрик металлобумажных конденсаторов — ленты из конденсаторной бумаги толщиной 5—15 *мкм*, покрытые слоем эцетилцеллюлозного лака, а обкладки — слои металла (олова и цинка или

алюминия) толщиной порядка сотых долей микрона, нанесенные на одну сторону бумаги поверх слоя лака. В конденсаторах на номинальное напряжение 400 *в* и выше (кроме конденсаторов МБГО) между металлизированными имеются неметаллизированные бумажные ленты. Ленты свернуты вместе в рулон-секцию, которую пропи-

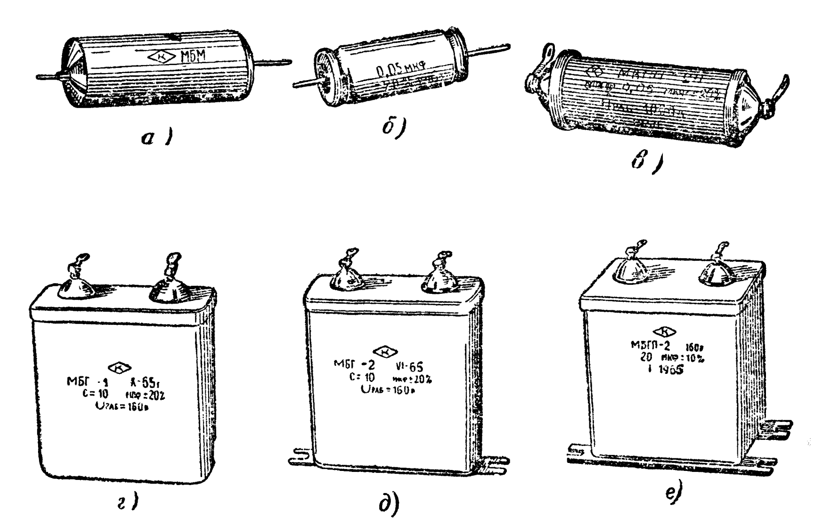


Рис. 40-7. Металлобумажные конденсаторы.

а — МБМ на номинальное напряжение 160 *в*; *б* — МБМ на номинальное напряжение 250 *в* и выше; *в* — МБГЦ-2; *г* — МБГП-1, МБГО-1; *д* — МБГП-2, МБГО-2; *е* — МБГП-3.

тывают церезином. Эти конденсаторы имеют значительно меньшие объемы, чем бумажные таких же номинальных емкостей и напряжений. Они самовосстанавливаются при возникновении электрического пробоя диэлектрика: через место пробоя возникает разрядный ток, мгновенно расплавляющий металлизацию вокруг этого места. В результате на бумаге вокруг места пробоя не остается металлического слоя; оно оказывается изолированным от обкладок и разряд прекращается.

Конденсатор МБМ (МеталлоБумажный Малогабаритный) на номинальное напряжение 160 *в* имеет корпус такой же конструкции, как и БМ (рис. 40-7, *а*). Его длина 22 или 36 *мм*, диаметр 6—14 *мм*. Номинальные емкости 0,05—1 *мкф*. У конденсаторов МБМ с бóльшими номинальными напряжениями проволочные выводы выходят из корпусов через торцовые резиновые изоляторы (рис. 20-7, *б*). Корпуса имеют диаметр от 9 до 20 *мм* и длину от 25 до 51 *мм*. Номинальные емкости и напряжения: 0,05—1 *мкф* на 250 *в*; 0,025—0,5 *мкф* на 500 *в*; 0,01—0,25 *мкф* на 750 *в*; 0,01—0,1 *мкф* на 1 000 *в*; 5 100 *пф*—0,1 *мкф* на 1 500 *в*.

Конденсаторы МБМ можно включать в цепи переменного тока

с напряжениями при частотах до 1 000 *гц*, не превышающими следующих величин (действующие значения):

Номинальное напряжение постоянного тока, *в* . . .	160 и 250	500 и 750	1 000 и 1 500
Предельное напряжение переменного тока, *в* . . .	60	100	150

Конденсаторы изготовляются с допуском по емкости ±10 или ±20%. Испытательные напряжения не выше полуторных номинальных.

Конденсатор МБГЦ (МеталлоБумажный Герметический Цилиндрический) имеет металлический корпус диаметром от 11 до 18,5 *мм* и длиной от 37 до 51 *мм* (рис. 40-7, *в*). Если одна из обкладок конденсатора соединена с корпусом, а вывод другой от него изолирован, — это конденсатор МБГЦ-1; когда же обе обкладки изолированы от корпуса, — это МБГЦ-2. Изолированные выводы выходят из корпуса через стеклянные изоляторы, впаянные в его торцы. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения в схему пайкой.

Номинальные емкости и напряжения: 0,25—1 *мкф* на 200 *в*; 0,1—0,5 *мкф* на 400 *в*; 0,025—0,25 *мкф* на 600 *в*. Допуск по емкости ±5, ±10 или ±20%. Испытательные напряжения не выше полуторакратных номинальных.

Конденсаторы МБГП (МеталлоБумажный Герметический в Прямоугольном корпусе) и **МБГО** (МеталлоБумажный Герметический с Однослойным диэлектриком) имеют по одной или нескольку соединенных в параллель секций, заключенных в металлические корпуса прямоугольных сечений. Выводы обкладок проходят через стеклянные изоляторы на верхней крышке корпуса. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения в схему пайкой (рис. 40-7, *г—е*).

Номинальные емкости и напряжения конденсаторов МБГП: 1—30 *мкф* на 160 *в*; 0,5—25 *мкф* на 200 *в*; 1—10 *мкф* на 250 *в*; 0,25—10 *мкф* на 400 *в*; 0,1—10 *мкф* на 600 *в*; 0,5—10 *мкф* на 1 000 *в*; 0,25—10 *мкф* на 1 500 *в*. Допуск по емкости ±5, ±10 или ±20%. Испытательное напряжение в 1,5 раза больше номинального. Размеры корпусов: длина от 32 до 72 *мм*, ширина от 12 до 110 *мм*, высота от 26 до 118 *мм*.

Номинальные емкости и напряжения конденсаторов МБГО: 2—30 *мкф* на 160 *в*; 1—30 *мкф* на 300 *в*; 1—20 *мкф* на 400 *в*; 0,5—20 *мкф* на 500 *в*; 0,25—10 *мкф* на 600 *в*. Допуск по емкости ±10 или ±20%. Испытательное напряжение не более номинального. Размеры корпусов: длина от 32 до 47 *мм*, ширина от 12 до 77 *мм*, высота от 26 до 51 *мм*.

40-9. ПЛЕНОЧНЫЕ И МЕТАЛЛОПЛЕНОЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Обкладками пленочного конденсатора являются ленты из алюминиевой фольги, а диэлектриком — находящиеся между ними ленты из полистирольной пленки (стирофлекса), фотопласта или лавсана. Чем выше номинальное напряжение конденсатора, тем больше толщина пленки и число слоев ее между обкладками. Ленты из

фольги и диэлектрика свернуты вместе в рулон (конденсаторная секция). Секция подвергается воздействию температуры 220—300° С. При этом слои пленки спекаются между собой, что обеспечивает плотное прилегание фольги к пленке.

Обкладки металлопленочных конденсаторов — тонкие слои металла, нанесенные на поверхность пленки.

Конденсатор ПМ-1 (Полистирольный Малогабаритный, модель 1) кожуха не имеет; выводы проволочные выходят непосредственно из торцов секций. Диаметр конденсатора 3,5—4 *мм*, длина секции 8—10 *мм*. Номинальное напряжение 60 *в*, номинальные емкости 100—1 000 *пф* с допуском ±10 или ±20%.

Конденсатор ПМ-2 (Полистирольный Малогабаритный, модель 2). Секция заключена в металлическую трубку, торцы которой залиты эпоксидным компаундом; через него выходят проволочные выводы обкладок. Общий вид такой же, как БМ (рис. 40-6, *б*). Размеры корпуса: диаметр 4—5 *мм* и длина 10—12 *мм*. Номинальные напряжения и емкости такие же, как у ПМ-1.

Конденсатор ПО (Полистирольный Открытый) имеет такую же конструкцию, как ПМ-1. Диаметр конденсатора 12—24 *мм* и длина 31—49 *мм*. Номинальное напряжение 300 *в*; номинальные емкости 51 *пф*—0,03 *мкф* с допуском ±20%.

Конденсатор ПОВ (Полистирольный Открытый Высоковольтный) имеет такую же конструкцию, как ПО. Выпускается со следующими номинальными напряжениями и емкостями: 10 *кв*, 390 *пф* (размер 20×40 *мм*) и 15 *кв*, 390 *пф* (размер 25×40 *мм*). Допуск по емкости ±20%.

40-10. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Электролитический конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, одна из которых оксидирована — покрыта тонким слоем окисла. Между ними проложена бумажная полоса, пропитанная раствором борной кислоты в жидкости типа глицерин. Все полосы свернуты вместе в рулон и помещены в алюминиевый корпус. Неоксидированная полоса соединена с корпусом, а оксидированная имеет изолированный от корпуса вывод. Диэлектриком является тонкий слой окисла на алюминии, одной из обкладок — эта лента, а второй — пропитанная электролитом бумага. С помощью неоксидированной ленты осуществляется электрический контакт корпуса с пропитанной бумагой. К изолированному от корпуса контактному лепестку (оксидированной ленте) присоединяется положительный полюс напряжения, а к корпусу — отрицательный.

Преимущество электролитических конденсаторов перед конденсаторами всех других типов — при малых размерах большие емкости.

Конденсаторы КЭ-1 и КЭ-2 наиболее распространены в радиоаппаратуре. Они имеют цилиндрические алюминиевые корпуса. У конденсаторов КЭ-1 (рис. 40-8, *а* и *б*) выводной лепесток положительного полюса расположен на верхнем донышке из изоляционного материала; к нижним днищам некоторых конденсаторов приварены фланцы с отверстиями для крепления их при монтаже. Диаметр конденсаторов КЭ-1 от 16 до 65 *мм*, высота корпуса 28—114 *мм*. Номинальные напряжения и емкости: 8 *в*, 50—2 000 *мкф*; 12 и 20 *в*,

10—2 000 *мкф*; 30 *в*, 10—500 *мкф*; 50 *в*, 10—100 *мкф*; 150 *в*, 10—30 *мкф*; 300 *в*, 5—30 *мкф*; 450 *в*, 5—20 *мкф*.

Конденсаторы КЭ-2 (рис. 40-8, *в*) имеют пластмассовые втулки с резьбой и металлические гайки для крепления; выводной лепесток расположен на втулке. Диаметр конденсаторов КЭ-2 от 21 до 34 *мм*, высота корпуса (без втулки) от 35 до 114 *мм*. Номинальные напряжения и емкости: 8 *в*, 100—1 000 *мкф*; 12 *в*, 50—1 000 *мкф*; 20 *в*, 30—500 *мкф*; 30 *в*, 20—500 *мкф*; 50 *в*, 10—100 *мкф*; 150 *в*, 10—30 *мкф*; 200 *в*, 150 *мкф*; 300 *в*, 5—150 *мкф*; 450 *в*, 5—80 *мкф*. Допуск по емкости конденсаторов КЭ-1 и КЭ-2 от +50 до —20%.

Конденсаторы КЭГ-1 и КЭГ-2 (Конденсаторы Электролитические Герметичные) имеют прямоугольные корпуса; некоторые из них

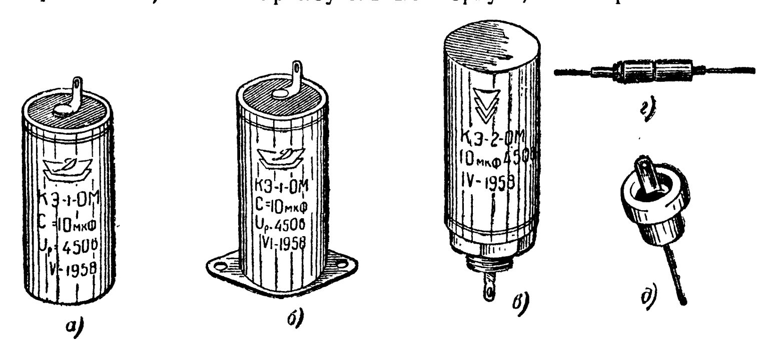


Рис. 40-8. Электролитические конденсаторы,

а, *б* — КЭ-1; *в* — КЭ-2; *г* — ЭМ; *д* — ЭТО-1.

снабжены лапками для крепления. Положительный полюс выведен к контактному лепестку на стеклянном изоляторе. Внешний вид их такой же, как конденсаторов КБГ-МП и КБГ-МН (рис. 40-6, *е* и *ж*). Размер корпусов КЭГ-1 от 46×26×18 до 51×51×26 *мм*; их номинальные напряжения и емкости: 8 *в*, 50—500 *мкф*; 12 *в*, 30—200 *мкф*; 20 *в*, 200 *мкф*; 30 *в*, 15—100 *мкф*; 50 *в*, 5—100 *мкф*; 150 *в*, 5—50 *мкф*, 300 *в*, 2—30 *мкф*; 450 *в*, 2—20 *мкф*.

Размер корпусов КЭГ-2 от 33×23×45 до 180×90×110 *мм*; их номинальные напряжения и емкости: 12 *в*, 200—5 000 *мкф*; 20 *в*, 100—5 000 *мкф*; 30 *в*, 100—1 000 *мкф*; 50 *в*, 50—200 *мкф*; 150 и 300 *в*, 10—50 *мкф*; 450 *в*, 5—20 *мкф*.

Допуск по емкости всех конденсаторов от +50 до —20%.

Конденсаторы ЭМ (Электролитические Малогабаритные) выполнены в корпусах в виде алюминиевых гильз диаметром 4,5—8,5 *мм* и длиной 15—35 *мм* (рис. 40-8, *г*); контактные выводы проволочные; положительный полюс выведен через резиновый изолятор. Номинальные напряжения и емкости: 4 *в*, 20—50 *мкф*; 6 *в*, 5—40 *мкф*; 10 *в*, 3—30 *мкф*; 15 *в*, 2—25 *мкф*; 20 *в*, 1—15 *мкф*; 30 *в*, 1—10 *мкф*; 60 *в*, 0,5—10 *мкф*; 100 *в*, 0,5—5 *мкф*; 150 *в*, 1 *мкф*. Фактическая емкость может превышать номинальную до 100%.

Конденсаторы ЭТО-1 и ЭТО-2 (Электролитические Танталовые с Объемнопористыми положительными электродами) имеют грибовид-

ные корпуса, наполненные жидким кислотным электролитом (рис. 40-8, *д*). Положительный электрод (обкладка) конденсатора — цилиндр, опрессованный из зерен металла тантала и подвергнутый обжигу, во время которого зерна между собой спекаются. Диэлектрик — тонкая пленка окиси тантала на поверхностях зерен. Вывод от положительного электрода — проволочный (или контактный лепесток), изолированный от корпуса прокладкой из резины и диском из стеклотекстолита. Отрицательный электрод конденсатора — наполняющий его электролит, а вывод его — корпус конденсатора.

Конденсаторы ЭТО-1 имеют диаметр 14 *мм* и высоту 10 *мм*; они выпускаются со следующими номинальными напряжениями и емкостями: 6 *в*, 80 *мкф*; 15 *в*, 50 *мкф*; 25 *в*, 30 *мкф*; 50 *в*, 20 *мкф*; 70 *в*, 15 *мкф*; 90 *в*, 10 *мкф*. Конденсаторы ЭТО-2 имеют диаметр 24 *мм* и высоту 14 *мм*; их номинальные напряжения и емкости: 6 *в*, 1 000 *мкф*; 15 *в*, 400 *мкф*; 25 *в*, 300 *мкф*; 50 *в*, 200 *мкф*; 70 *в*, 150 *мкф*; 90 *в*, 100 *мкф*.

Морозоустойчивость электролитических конденсаторов. Недостатком этих конденсаторов является значительное уменьшение их емкости при охлаждении. Буквы Н, М, ПМ и ОМ в наименованиях конденсаторов КЭ и КЭГ характеризуют наименьшую температуру, при которой они сохраняют работоспособность; такой температурой условно считают температуру, при которой емкость снижается не более чем в 2 раза по сравнению с емкостью при +20° С. Эта температура имеет следующие значения: для конденсаторов с буквой Н (неморозоустойчивые) — минус 10° С, с буквой М (морозоустойчивые) — минус 40° С, с буквами ПМ (повышенной морозоустойчивости) — минус 50° С, с буквами ОМ (особо морозоустойчивые) — минус 60° С.

Особенности работы электролитических конденсаторов в схемах. Между электродами (обкладками) электролитического конденсатора через оксидную пленку всегда имеется существенный ток утечки, особенно при повышенной температуре. При длительном пребывании конденсатора без напряжения электролит растворяет оксидный слой, и поэтому в момент включения напряжения на конденсатор ток утечки очень большой. Под действием напряжения слой окисла улучшается («формуется»), и через несколько минут ток утечки снижается и стабилизируется.

Вследствие испарения электролита диэлектрические свойства слоя окиси со временем ухудшаются, что ведет к увеличению тока утечки и уменьшению емкости конденсатора. В условиях повышенной температуры этот процесс ускоряется. Через 10 000 *ч* работы можно ожидать уменьшения емкости конденсатора КЭ примерно на 30%. В конденсаторах КЭГ, а особенно ЭТО, эти явления сказываются меньше.

40-11. КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

Основными частями конденсатора переменной емкости являются металлические пластины — обкладки, собранные в две изолированные друг от друга группы. Пластинки одной из них — статор — укреплены неподвижно, а пластинки другой — ротор — укреплены на оси. При вращении ее ротор входит в промежутки между пластинками статора, не соприкасаясь с ними.

Когда ротор полностью находится между пластинками статора, конденсатор имеет максимальную емкость, когда же ось конденсатора повернута на 180° от этого положения, емкость конденсатора минимальна (начальная емкость). При других положениях ротора емкость имеет промежуточные величины; она тем больше, чем бо́льшая площадь пластин ротора находится между пластинками статора.

В приемниках с двумя-тремя настраиваемыми колебательными контурами применяют блоки из двух или трех конденсаторов (рис. 40-9); их роторы укреплены на общей оси, вращаемой общей ручкой. Статоры изолированы друг от друга.

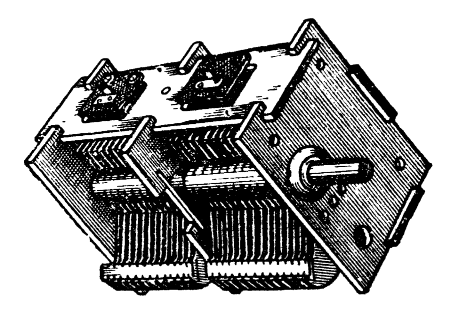


Рис. 40-9. Блок конденсаторов переменной емкости.

Конденсаторы переменной емкости бывают следующих видов:

1. Прямоемкостный. Емкость изменяется пропорционально углу поворота.

2. Прямоволновой или квадратичный. Емкость изменяется пропорционально квадрату изменения угла поворота ротора. При этом длина волны резонансного контура, в который включен конденсатор, изменяется пропорционально углу поворота ротора.

3. Прямочастотный или обратно-квадратичный. Емкость изменяется так, что пропорционально углу поворота ротора изменяется резонансная частота контура, в который включен конденсатор.

4. Логарифмический. Относительное изменение емкости, приходящееся на 1° угла поворота ротора, постоянно в пределах всей шкалы.

При малых углах поворота вследствие имеющейся начальной емкости имеет место некоторое отступление от указанных закономерностей.

РАЗДЕЛ 41

ТРАНСФОРМАТОРЫ И КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

41-1. СЕРДЕЧНИКИ НЧ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ

Электротехническая сталь. Сердечники (магнитопроводы) трансформаторов НЧ, в том числе трансформаторов и автотрансформаторов питания, и дросселей сглаживающих фильтров изготавливают из электротехнической стали: листовой марок Э41, Э42, Э43, Э310, Э320, Э330 толщиной 0,35—0,5 *мм* или ленточной (рулонной) толщиной 0,1—0,2 *мм*. Особенностью такой стали является то, что

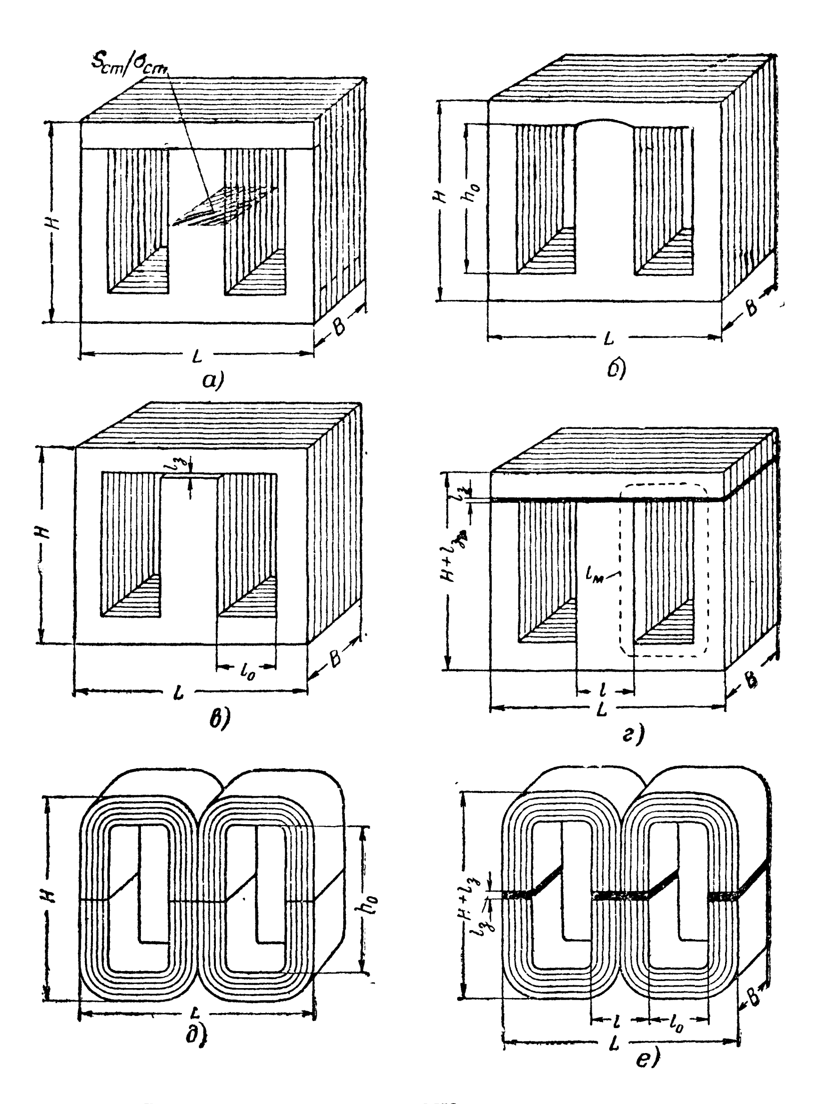


Рис. 41-1. Броневые сердечники для НЧ трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей.

а — без зазора из пластин типов Ш, Я или УШ; *б* — без зазора из пластин типа Шпр; *в* — то же с зазором; *г* — с зазором из пластин типов Ш, Я или УШ, УП; *д* — витой типа ШЛ без зазора; *е* — то же с зазором.

она содержит не более 1% углерода, несколько процентов кремния, остальное — железо. Примесь кремния (полупроводник) увеличивает электрическое сопротивление сердечника, что снижает потери в нем на вихревые токи и тем самым увеличивает к. п. д. трансформатора (автотрансформатора).

Первая цифра в марке стали указывает средний процент содержания кремния в ней, вторая характеризует ее электромагнитные свойства: чем больше это число, тем меньше потери в стали. Цифра 0 в обозначении марки стали указывает, что это холоднокатаная (текстурованная) сталь.

Пермаллой. Сердечники трансформаторов и дросселей усилителей НЧ изготавливают также из листовых пермаллоев — сплавов никеля и железа с примесями молибдена и других химических элементов. Число в марке пермаллоя указывает процент содержания никеля в нем. Буква Н обозначает никель, а следующие буквы указывают примеси: М — молибден, Х — хром, С — кремний, А — алюминий. Так, например, пермаллой марки 79 НМ содержит 79% никеля, примесь молибдена, остальное — железо.

Трансформаторы НЧ малых мощностей (например, выходные при мощности порядка 0,1 *вт* и входные) на сердечниках из пермаллоя имеют существенно меньшие размеры по сравнению с аналогичными трансформаторами на сердечниках из электротехнической стали.

Сердечники входных и маломощных выходных трансформаторов, а также трансформаторов схем разверток телевизоров изготавливают также из ферритов (см. § 41-2).

Виды сердечников. Они бывают следующие:

1. Броневые из Ш-образных и замыкающих магнитную цепь прямоугольных пластин, штампованных из листовой стали или пермаллоя (рис. 41-1, *а* и *г*, 41-2, *а* и *б* и табл. 41-1). Обмотка (обмотки) размещается на средней части сердечника, занимая место в его окнах (рис. 41-4, *а*).

2. Броневые из пластин с просечкой, штампованных из таких же материалов (рис. 41-1, *б* и *в* и 41-2, *в* и *г* и табл. 41-1). Расположение обмоток такое же.

3. Броневые витые разрезные (тип ШЛ — рис. 41-1, *д* и *е* и табл. 41-2). Их изготавливают на заводах из ленточной электротехнической холоднокатаной стали марки Э340, Э350 или Э360. На оправку наматывают заготовку О-образной формы, пропитывают ее специальным клеем и склеивают слои ленты между собой под давлением и при нагреве. Полученное изделие разрезают на две части, имеющие форму буквы «П», и торцы их тщательно шлифуют, так чтобы при обратном составлении их вместе между ними не было воздушного зазора. Броневой сердечник собирают из четырех П-образных частей.

4. Стержневые витые разрезные (тип ПЛ—рис. 41-3 и табл. 41-2). Технология изготовления их аналогична технологии броневых витых сердечников. Стержневой сердечник состоит из двух П-образных частей. Обмотка (обмотки) размещается поровну на двух стержнях сердечника (рис. 41-4, *б*).

Роль изоляции между пластинами. Сердечники изготовляют «слоистыми» из листов или лент, для того чтобы увеличить сопротивление их вихревым токам и тем самым снизить потери. В сердечниках из пластин это достигается тем, что поверхность каждой из

Таблица 41-1

Броневые сердечники из пластин

Тип	Размеры по рис. 41-1, *а—г*							$l_в$, *см*	δ, *а/мм*²
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	*S*, *см*²	l_0, *мм*	h_0, *мм*	$l_м$, *см*		
Ш2×2,5	8	7,0	2,5	0,04	2,0	5,0	1,70	1,5	
Ш2×4	8	7,0	4,0	0,06	2,0	5,0	1,70	1,9	
Ш2,5×3,2	10	8,75	3,2	0,06	2,5	6,25	2,13	1,9	
Ш2,5×5	10	8,75	5,0	0,11	2,5	6,25	2,13	2,2	
Ш3×4	12	10,5	4,0	0,10	3,0	7,5	2,65	2,3	
Ш3×6,3	12	10,5	6,3	0,16	3,0	7,5	2,65	2,8	
Ш4×5	16	14	5,0	0,17	4,0	10	3,40	3,0	
Ш4×8	16	14	8,0	0,27	4,0	10	3,40	3,7	
Ш5×6,3	20	17,5	6,3	0,27	5,0	12,5	4,25	3,8	
Ш5×10	20	17,5	10	0,42	5,0	12,5	4,25	4,5	
Ш6×8	24	21	8,0	0,41	6,0	15	5,10	4,7	5,7
Ш6×12,5	24	21	12,5	0,64	6,0	15	5,10	5,6	5,2
Ш7×7	30	30	7,0	0,42	6,5	20	6,9	4,7	4,6
Ш7×10	30	30	10	0,60	6,5	20	6,9	5,3	4,5
Ш7×14	30	30	14	0,84	6,5	20	6,9	6,1	4,3
Ш8×10	32	28	10	0,68	8,0	20	6,8	6,0	4,4
Ш8×16	32	28	16	1,10	8,0	20	6,8	7,1	3,9
Ш9×9	36	31,5	9	0,69	9	22,5	7,7	6,3	4,4
Ш9×13	36	31,5	13	0,91	9	22,5	7,7	7,1	3,7
Ш10×10	40	35	10	0,90	10	25	8,5	6,9	4,0
Ш10×12,5	40	35	12,5	1,1	10	25	8,5	7,4	3,9
Ш10×16	40	35	16	1,45	10	25	8,5	8,1	3,7
Ш10×20	40	35	20	1,80	10	25	8,5	8,9	3,5
УШ10×10	36	31	10	0,90	6,5	18	5,7	5,8	4,0
УШ10×15	36	31	15	1,30	6,5	18	5,7	6,8	3,6
УШ10×20	36	31	20	1,80	6,5	18	5,7	7,8	3,2
Ш12×12	36	30	12	1,30	6,0	18	6,7	6,5	4,2
Ш12×12	42	42	12	1,30	9,0	30	9,7	7,5	4,0
Ш12×12	48	30	12	1,30	12	18	7,6	8,5	3,6
Ш12×12	48	42	12	1,30	12	30	10,3	8,5	3,3
Ш12×16	42	42	16	1,70	9	30	9,7	8,3	3,9
Ш12×16	48	30	16	1,70	12	18	7,6	9,3	3,4
Ш12×16	48	42	16	1,70	12	30	10,3	9,3	3,2
Ш12×18	36	30	18	1,80	6	18	6,7	7,7	—
Ш12×20	42	42	20	2,2	9	30	9,7	9,1	—
Ш12×20	48	30	20	2,2	12	18	7,6	10,0	3,3
Ш12×20	48	42	20	2,2	12	30	10,3	10,0	3,1
Ш12×24	36	30	24	2,6	6	18	6,7	8,9	—
Ш12×25	42	42	25	2,7	9	30	9,7	10,0	—

Тип	Размеры по рис. 41-1, *а—г*							$l_в$, *см*	δ, *а/мм²*
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	*S*, *см²*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	$l_м$, *см*		
Ш12×25	48	30	25	2,7	12	18	7,6	11,0	3,2
Ш12×25	48	42	25	2,7	12	30	10,3	11,0	3,0
Ш12×32	42	42	32	3,5	9	30	9,7	11,4	2,8
Ш12×32	48	30	32	3,5	12	18	7,6	12,5	3,0
Ш12×32	48	42	32	3,5	12	30	10,3	12,5	2,7
УШ12×12	44	38	12	1,3	8	22	6,7	7,0	3,5
УШ12×18	44	38	18	1,9	8	22	6,7	8,2	3,3
УШ12×24	44	38	24	2,6	8	22	6,7	9,4	3,2
Ш16×16	48	40	16	2,3	8	24	8,9	8,6	3,5
Ш16×16	64	40	16	2,3	16	24	10,5	11	3,1
Ш16×16	64	56	16	2,3	16	40	13,7	11	2,9
Ш16×20	64	40	20	2,9	16	24	10,5	12	3,0
Ш16×20	64	56	20	2,9	16	40	13,7	12	2,7
Ш16×24	48	40	24	3,5	8	24	8,9	10,2	3,4
Ш16×25	64	40	25	3,6	16	24	10,5	13	2,9
Ш16×25	64	56	25	3,6	16	40	13,7	13	2,6
Ш16×32	48	40	32	4,6	8	24	8,9	12	3,3
Ш16×32	64	40	32	4,6	16	24	10,5	14,3	2,8
Ш16×32	64	56	32	4,6	16	40	13,7	14,3	2,5
Ш16×40	64	40	40	5,8	18	24	10,5	16	2,6
Ш16×40	64	56	40	5,8	16	40	13,7	16	2,4
УШ16×16	56	48	16	2,3	10	28	9,0	9,3	3,4
УШ16×24	56	48	24	3,5	10	28	9,0	10,9	3,3
УШ16×32	56	48	32	4,6	10	28	9,0	12,5	3,2
Ш18×18	54	45	18	2,9	9	27	10,0	19,8	4,2
Ш18×27	54	45	27	4,4	9	27	10,0	11,6	3,8
Ш18×36	54	45	36	5,8	9	27	10,0	13,4	3,3
Ш19×19	75	68	19	3,2	17	46	14,3	11,0	
Ш19×28	75	68	28	4,9	17	46	14,3	12,8	
Ш19×38	75	68	38	6,5	17	46	14,3	14,8	
УШ19×19	67	57,5	19	3,2	12	33,5	10,6	11,0	3,0
УШ19×28	67	57,5	28	4,9	12	33,5	10,6	12,8	2,8
УШ19×38	67	57,5	38	6,5	12	33,5	10,6	14,8	2,5
Ш20×20	60	50	20	3,6	10	30	12,1	10,9	3,9
Ш20×20	65	65	20	3,6	12,5	45	14,6	11,9	3,5
Ш20×20	80	50	20	3,6	20	30	13,2	13,8	2,8
Ш20×20	80	70	20	3,6	20	50	17,1	13,8	2,5
Ш20×25	80	50	25	4,5	20	30	13,3	14,8	2,7
Ш20×25	80	70	25	4,5	20	50	17,2	14,8	2,5

Тип	Размеры по рис. 41-1, *а—г*							$l_в$, *см*	δ, *а/мм²*
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	*S*, *см²*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	$l_м$, *см*		
Ш20×27	65	65	27	4,9	12,5	45	14,6	13,4	3,5
Ш20×30	60	50	30	5,4	10	30	11,1	12,9	3,5
Ш20×32	80	50	32	5,7	20	30	13,1	16,2	2,6
Ш20×32	80	70	32	5,7	20	50	17,1	16,2	2,4
Ш20×40	60	50	40	7,2	10	30	11,1	14,9	3,2
Ш20×40	65	65	40	7,2	12,5	45	14,6	15,9	3,1
Ш20×40	80	50	40	7,2	20	30	13,1	17,8	2,5
Ш20×40	80	70	40	7,2	20	50	17,1	17,8	2,3
Ш20×50	80	50	50	9	20	30	13,1	15,3	2,4
Ш20×50	80	70	50	9	20	50	17,1	18,3	2,2
Ш22×22	66	55	22	4,4	11	33	12,3	12,0	3,2
Ш22×33	66	55	33	6,6	11	33	12,3	14,0	2,9
УШ22×22	67	78	22	4,4	14	39	12,4	13,0	2,5
УШ22×33	67	78	33	6,6	14	39	12,4	15,2	2,3
УШ22×44	67	78	44	8,8	14	39	12,4	17,4	2,1
Ш25×25	100	62,5	25	5,6	25	37,5	16,4	17,4	2,5
Ш25×25	100	87,5	25	5,6	25	62,5	21,4	17,4	2,3
Ш25×32	100	62,5	32	7,2	25	37,5	16,4	19,0	2,4
Ш25×32	100	87,5	32	7,2	25	62,5	21,4	19,0	2,2
Ш25×40	100	62,5	40	9,0	25	37,5	16,4	21,0	2,3
Ш25×40	100	87,5	40	9,0	25	82,5	21,4	21,0	2,1
Ш25×63	100	62,5	63	14	25	37,5	16,4	25,4	2,1
Ш25×63	100	87,5	63	14	25	62,5	21,4	25,4	2,0
УШ26×26	94	81	26	6,2	17	47	14,7	15,4	2,4
УШ26×39	94	81	39	9,3	17	47	14,7	18	2,2
УШ26×52	94	81	52	12,4	17	47	14,7	20,6	2,0
Ш28×28	84	70	28	7,1	14	42	15,6	15,4	3,0
Ш28×42	84	70	42	10,8	14	42	15,6	18,2	2,6
УШ30×30	106	91	30	8,1	19	53	16,9	17,6	2,3
УШ30×45	106	91	45	12,1	19	53	16,9	20,6	2,1
УШ30×60	106	91	60	16,2	19	53	16,9	23,6	1,9
Ш32×32	128	80	32	9,3	32	48	21	23	2,3
Ш32×32	128	112	32	9,3	32	80	27,4	23	2,1
Ш32×40	128	80	40	11,5	32	48	21	24	2,2
Ш32×40	128	112	40	11,5	32	80	27,4	24	2,0
Ш32×50	128	80	50	14,4	32	48	21	26	2,0
Ш32×50	128	112	50	14,4	32	80	27,4	26	1,9
Ш32×63	128	80	63	18	32	40	21	28,4	1,9
Ш32×63	128	112	63	18	32	80	27,4	28,4	1,9

Тип	Размеры по рис. 41-1, *а—г*							$l_в$, *см*	δ, *а/мм²*
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	*S*, *см²*	l_0, *мм*	$h_э$, *мм*	$l_м$, *см*		
Ш32×80	128	80	80	23	32	48	21	32	1,8
Ш32×80	128	112	80	23	32	80	27,4	32	1,8
Ш34×35	102	102	35	10,9	17	68	22,3	19,2	2,4
Ш34×52	102	102	52	16,4	17	68	22,3	22,6	2,6
УШ35×35	123	105,5	35	11,2	22	61,5	19,8	20,4	2,1
УШ35×52	123	105,5	52	16,8	22	61,5	19,8	23,8	1,9
УШ35×70	123	105,5	70	22,4	22	61,5	19,8	27,4	1,8
Ш35×35	130	105	35	11,2	30	70	25,5	23,5	1,9
Ш35×45	130	105	45	14,4	30	70	25,5	25,5	1,7
УШ40×40	144	124	40	14,5	26	72	26,4	22,4	1,9
УШ40×60	144	124	60	21,7	26	72	26,4	26,2	1,8
УШ40×80	144	124	80	29	26	72	26,4	31,5	1,7
Ш40×40	160	100	40	14,4	40	60	26,3	28,5	2,0
Ш40×40	160	140	40	14,4	40	100	34,3	28,5	1,8
Ш40×50	160	100	50	18	40	60	26,3	30	1,9
Ш40×50	160	140	50	18	40	100	34,3	30	1,8
Ш40×63	160	100	63	23	40	60	26,3	33	1,8
Ш40×63	160	140	63	23	40	100	34,3	33	1,7
Ш40×80	160	100	80	29	40	60	26,3	37	1,8
Ш40×80	160	140	80	29	40	100	34,3	37	1,6
Ш40×100	160	100	100	36	40	60	26,3	41	1,7
Ш40×100	160	140	100	36	40	100	34,3	41	1,5

$l_м$ — длина средней магнитной силовой линии, *см*;
$l_в$ — средняя длина витка обмоток, *см*.

них покрыта тонкой пленкой окиси, обладающей плохой электропроводностью. Покрытие пластин лаком или оклейка бумагой практически не дает заметного уменьшения потерь.

После окончания сборки трансформатора (автотрансформатора, дросселя) части сердечника плотно стягивают скобами. Если пластины имеют отверстия, сердечник стягивают при помощи болтов, пропущенных сквозь эти отверстия, и гаек. Чтобы не увеличивать потери на вихревые токи, болты изолируют от пластин втулками из бумаги или иного материала.

Обозначение пластин. Обозначение Ш-образной пластины состоит из буквы Ш или букв УШ и числа, выражающего ширину ее среднего язычка *l* в миллиметрах (например: Ш16, УШ16). Обозначение типа прямой замыкающей пластины состоит из буквы «Я» или букв УП (к пластине типа УШ) и такого же числа, какое имеется в обозначении комплектной к ней Ш-образной пластины. Пластины с просечкой обозначают «Шпр». Число в их обозначении имеет такое же значение, как и в обозначении пластин типа Ш.

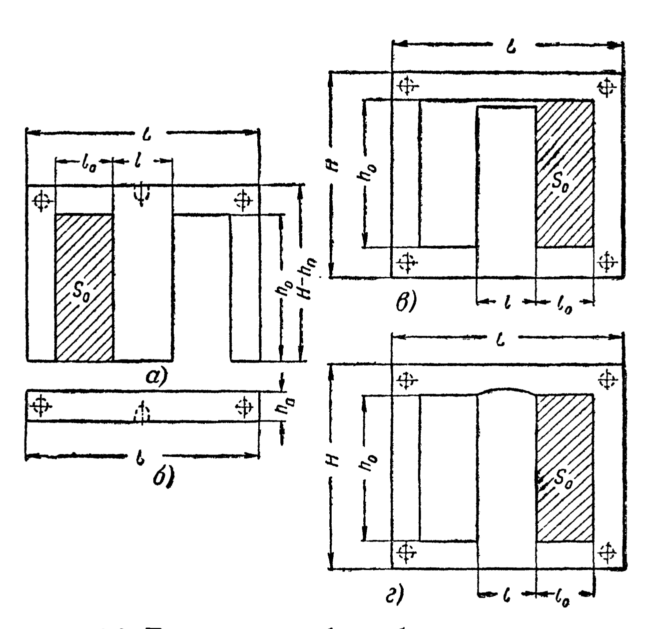


Рис. 41-2. Пластины для сборки броневых сердечников.

а — типов Ш и УШ; *б* — типов Я и УП; *в* — типа Шпр без зазора; *г* — то же с зазором.

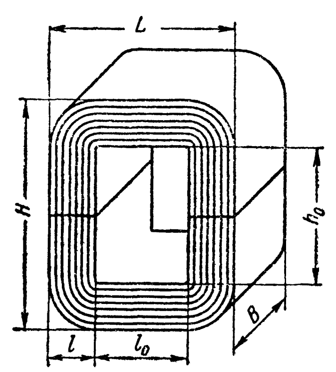


Рис. 41-3. Стержневой витой сердечник типа ПЛ.

Таблица 41-2

Витые разрезные сердечники

Тип	Размеры по рис. 41-1, *д* и 41-3							$l_в$, *см*	δ, *а/мм²*
	L, *мм*	H, *мм*	B, *мм*	S, *см²*	l_0, *см²*	h_0, *см²*	$l_м$, *см*		
ШЛ6×6,3	24	21	6,3	0,34	6	15	5,1	4,3	4,4
ШЛ6×8	24	21	8,0	0,41	6	15	5,1	4,7	4,2
ШЛ6×10	24	21	10	0,52	6	15	5,1	5,1	3,7
ШЛ6×12,5	24	21	12,5	0,65	6	15	5,1	5,6	3,2
ШЛ8×8	32	28	8,0	0,55	8	20	6,8	5,7	3,7
ШЛ8×10	32	28	10	0,69	8	20	6,8	6,0	3,4
ШЛ8×12	32	28	12	0,86	8	20	6,8	6,6	3,2
ШЛ8×16	32	28	16	1,16	8	20	6,8	7,1	2,7
ШЛ10×10	40	35	10	0,90	10	25	8,5	6,9	3,2
ШЛ10×12,5	40	35	12,5	1,10	10	25	8,5	7,4	3,1
ШЛ10×16	40	35	16	1,40	10	25	8,5	8,1	3,0
ШЛ10×20	40	35	20	1,80	10	25	8,5	8,9	2,9
ШЛ12×12,5	48	42	12,5	1,3	12	30	10,3	8,7	2,7
ШЛ12×16	48	42	16	1,74	12	30	10,3	9,4	2,6
ШЛ12×20	48	42	20	2,1	12	30	10,3	10	2,4
ШЛ12×25	48	42	25	2,7	12	30	10,3	11	2,2
ШЛ16×16	64	56	16	2,3	16	40	13,6	11	2,4
ШЛ16×20	64	56	20	2,9	16	40	13,6	12	2,3
ШЛ16×25	64	56	25	3,6	16	40	13,6	13	2,2
ШЛ16×32	64	56	32	4,6	16	40	13,6	14	2,0
ШЛ20×20	80	70	20	3,6	20	50	17,1	14	2,2
ШЛ20×25	80	70	25	4,5	20	50	17,1	15	2,2
ШЛ20×32	80	70	32	5,7	20	50	17,1	16	2,1
ШЛ20×40	80	70	40	7,2	20	50	17,1	18	2,1
ШЛ25×25	100	87,5	25	5,6	25	62,5	21,3	17	2,0
ШЛ25×32	100	87,5	32	7,2	25	62,5	21,3	19	1,9
ШЛ25×40	100	87,5	40	9,0	25	62,5	21,3	20	1,9
ШЛ25×50	100	87,5	50	11,2	25	62,5	21,3	22	1,7
ШЛ32×32	128	112	32	9,2	32	80	27,8	23	1,8
ШЛ32×40	128	112	40	11,5	32	80	27,3	24	1,7
ШЛ32×50	128	112	50	14,4	32	80	27,3	26	1,7
ШЛ32×64	128	112	64	18,4	32	80	27,3	28	1,6
ШЛ40×40	160	140	40	14,4	40	100	34,2	28	1,6
ШЛ40×50	160	140	50	18,0	40	100	34,2	30	1,5
ШЛ40×64	160	140	64	23,0	40	100	34,2	33	1,4
ШЛ40×80	160	140	80	28,8	40	100	34,2	37	1,4

Тип	Размеры по рис. 41-1, *д* и 41-3								
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	*S*, *см*²	l_0, *см*²	h_0, *см*²	$l_м$, *см*	$l_в$, *см*	δ, *а/мм*²
ПЛ12,5×16—25	41	50	16	1,77	16	25	12,0	7,5	3,6
ПЛ12,5×16—32	41	55	16	1,77	16	32	13,4	7,5	3,6
ПЛ12,5×16—40	41	65	16	1,77	16	40	15,0	7,5	3,6
ПЛ12,5×16—50	41	75	16	1,77	16	50	17	7,5	3,6
ПЛ12,5×25—30	45	55	25	2,76	20	30	13,8	10	3,2
ПЛ12,5×25—40	45	65	25	2,76	20	40	15,8	10	3,2
ПЛ12,5×25—50	45	75	25	2,75	20	50	17,8	10	3,2
ПЛ12,5×25—60	45	85	25	2,76	20	60	19,8	10	3,2
ПЛ16×32—40	57	72	32	4,5	25	40	18,0	12	2,8
ПЛ16×32—50	57	82	32	4,5	25	50	20,0	12	2,8
ПЛ16×32—65	57	97	32	4,5	25	65	23,0	12	2,8
ПЛ16×32—80	57	112	32	4,5	25	80	26,0	12	2,8
ПЛ20×40—50	72	90	40	7,1	32	50	22,7	16	2,75
ПЛ20×40—60	72	100	40	7,1	32	60	24,7	16	2,75
ПЛ20×40—80	72	120	40	7,1	32	80	28,7	16	2,75
ПЛ20×40—100	72	140	40	7,1	32	100	32,7	16	2,75
ПЛ25×50—65	90	115	50	11	40	65	28,8	20	2,7
ПЛ25×50—80	90	130	50	11	40	80	31,8	20	2,7
ПЛ25×50—100	90	150	50	11	40	100	35,8	20	2,7
ПЛ25×50—120	90	170	50	11	40	120	39,8	20	2,7
ПЛ32×64—80	114	144	64	18,2	50	80	36,0	25	2,4
ПЛ32×64—100	114	164	64	18,2	50	100	40,0	25	2,4
ПЛ32×64—130	114	194	64	18,2	50	130	46,0	25	2,4
ПЛ32×64—160	114	224	64	18,2	50	160	52,0	25	2,4

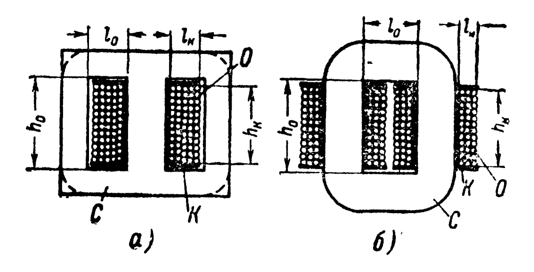


Рис. 41-4. Размещение обмоток на каркасах на броневом (*а*) и стержневом (*б*) сердечниках.

К — каркас для обмотки; *О* — обмотка; *С* — сердечник.

Ширина боковых язычков (рис. 41-2, *а*) пластины типа УШ, а также ширина комплектной к ней замыкающей пластины типа УП составляет примерно $^2/_3$ ширины среднего язычка; ширина боковых язычков пластин типов Ш и Шпр и комплектных к ним пластин типов Ш и Я обычно в 2 раза меньше ширины среднего язычка.

Пластины одного и того же наименования (типа) могут различаться внешними размерами L и H, высотой и шириной окна h_0 и l_0.

Обозначения сердечников. Обозначение сердечника из Ш-образных пластин состоит из обозначения типа этих пластин, знака умножения и числа, выражающего толщину сердечника в миллиметрах. Например, сердечник из пластин Ш25 и Я25, имеющий толщину 40 *мм*, обозначают Ш25×40.

Обозначение витого броневого сердечника состоит из букв ШЛ (первые буквы слов Ш-образный и Ленточный) и двух разделенных знаком умножения чисел, первое из которых указывает ширину среднего стержня, а второе — толщину сердечника в миллиметрах (ширина ленты, из которой изготовлен сердечник).

Обозначение витого стержневого сердечника состоит из букв ПЛ и трех чисел; первое из них указывает ширину стержня (толщину намотки) l, второе — ширину ленты B и третье — высоту окна h_0. Все размеры — в миллиметрах.

Площадь сечения сердечника. Вследствие наличия изоляции между пластинами или слоями ленты, а также невозможности совершенно плотной укладки пластин или намотки ленты полезная площадь сечения сердечника S меньше произведения ширины стержня l на его толщину B. Отношение S/lB называют коэффициентом заполнения сердечника: он обозначается σ. В табл. 41-1 указаны площади сечения S при использовании пластин, не покрытых лаком и не оклеенных бумагой: толщиной 0,35 *мм* для сердечников Ш12×12 и бóльших размеров (при этом $\sigma \approx 0,9$) и толщиной 0,2 *мм* для сердечников меньших размеров (при этом $\sigma \approx 0,8 \div 0,85$). Если пластины деформированы, то σ меньше. Для витых сердечников (табл. 41-2) $\sigma \approx 0,9$.

Выбор сердечника. Рекомендуется по возможности применять сердечники, у которых отношение $B/l = 1,5 \div 2$ (например, Ш20×30, УШ30×60). При бóльших отношениях B/l затрудняется плотная намотка обмоток: со стороны большего размера витки ложатся недостаточно плотно — вспучиваются. Сердечники с отношением $B/l = 1$ (например, Ш20×20) и меньше следует использовать лишь в тех случаях, когда существенную роль играют размеры трансформатора (дросселя, автотрансформатора).

На трансформатор (автотрансформатор) с сердечником из пластин типа УШ расходуется примерно на 10% меньше провода, чем на трансформатор (автотрансформатор) того же назначения, но с сердечником из пластин типа Ш, а на трансформатор (автотрансформатор) с витым сердечником — на 15—20% меньше, чем при использовании сердечника из пластин.

41-2. ОБМОТКИ НЧ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ

Каркасы обмоток и изоляция между ними. Боковые щеки каркасов для обмоток трансформаторов, автотрансформаторов и дросселей с напряжениями до 250 *в* должны иметь толщину 1,5—2,5 *мм*,

а толщина изоляции между обмотками должна быть не менее 0,3—0,5 *мм*. В случае обмоток с напряжениями до 500—700 *в* эти щеки должны иметь толщину 2,5—3,5 *мм*, а толщина изоляции между обмотками должна быть не менее 0,5—0,8 *мм*.

Каркасы изготовляют из гетинакса, текстолита или плотного картона, склеивая их части клеем БФ или густым шеллачным лаком.

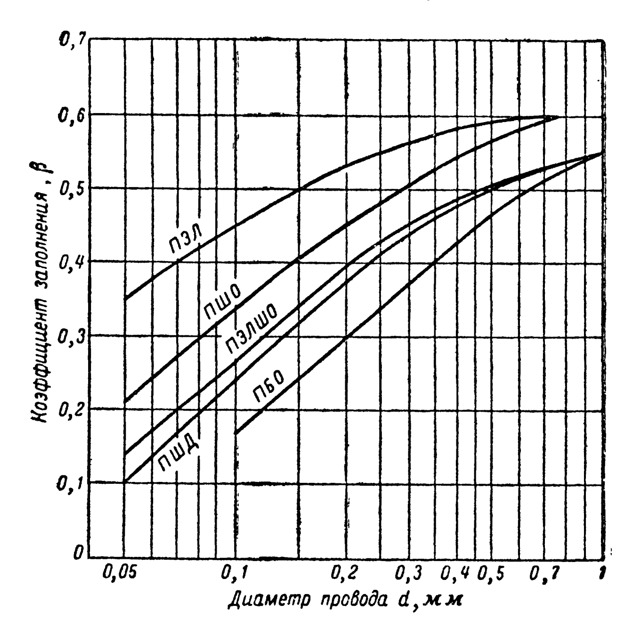


Рис. 41-5. График для определения коэффициента заполнения β.

Применять столярный или канцелярский клей не рекомендуется, так как они невлагоустойчивы. Картонные части каркаса по окончании изготовления его следует покрыть лаком или клеем БФ.

Каркас для обмоток трансформатора или дросселя с сердечником из пластин типа Шпр (рис. 41-2, *в* и *г*) должен быть на 3—8 *мм* меньше высоты окна сердечника h_0, иначе сердечник не удастся собрать — пластины не будут входить в окно каркаса. Чем больше размеры пластин, тем больше должно быть укорочение каркаса. При намотке проводом в эмалевой изоляции через каждые 40—50 *в* следует прокладывать изоляцию, например конденсаторную бумагу.

Число витков w провода диаметром d (*мм*), размещающееся на каркасе с размерами $h_к$ и $l_к$ (рис. 41-4),

$$w = \frac{1,25\beta h_к l_к}{d^2}, \qquad (41\text{-}1)$$

где β — коэффициент заполнения каркаса медью при плотной намотке витков (отношение суммарной площади общего сечения провода всех витков обмотки $sw = \pi d^2 w/4$ к площади сечения окна $h_к l_к$) находят с помощью графика на рис. 41-5.

Когда намотка ведется с прокладками, подставляемую в формулу величину $l_к$ нужно уменьшить на суммарную толщину прокладок.

Плотность тока в обмотке. Проходящий по обмотке (обмоткам) ток нагревает ее. Тепло передается и сердечнику. Внешние поверхности обмотки и сердечника излучают тепло в окружающий воздух. Чем больше плотность тока в обмотке (число ампер на квадратный миллиметр сечения провода) и чем меньше излучающие тепло поверхности, тем до большей температуры нагревается трансформатор (дроссель). С увеличением размеров последнего допустимая плотность тока уменьшается. Это вызывается тем, что относительно большое тело имеет меньшую величину отношения поверхности к объему, чем меньшее тело такой же формы. Поэтому трансформатор (дроссель) большего размера имеет на кубический сантиметр объема меньшую внешнюю поверхность, с которой рассеивается тепло, и плотность тока в обмотках при одинаковом допустимом перегреве должна быть меньше.

При указанных в табл. 41-1 и 41-2 плотностях тока δ (*а/мм*^{2}) в обмотках температура трансформатора (дросселя) при длительной работе превышает температуру окружающего воздуха (перегрев) не более чем на 35° С. Например, трансформатор, смонтированный внутри приемника, где температура достигает 50° С, нагреется до температуры не более 50+35=85° С.

Если указанные в табл. 41-1 и 41-2 плотности тока увеличить на 25%, перегрев достигнет 50° С (при температуре окружающего трансформатор воздуха 50° С его температура достигнет 100° С).

При конструировании трансформаторов питания (автотрансформаторов, дросселей) с обмотками из проводов марок ПЭЛ, ПЭЛБО, ПЭЛБД, ПЭЛШО и ПЭЛШД необходимо иметь в виду, что температура их не должна превышать 105° С. Для обмоток из проводов с теплостойкой изоляцией марок ПЭВ предельная температура нагрева 125° С (см. табл. 42-2 на стр. 642).

Необходимую площадь сечения провода обмотки s (*мм*^{2}) определяют путем деления плотности тока δ (*а/мм*^{2}), найденной в табл. 41-1 или 41-2, на ток обмотки I (*а*), т. е.

$$s = \frac{\delta}{I}. \qquad (41\text{-}2)$$

Далее, по табл. 42-3 находят диаметр провода, соответствующий вычисленной площади сечения. Если в таблице нет такого провода, выбирают провод диаметром, имеющим ближайшую бо́льшую площадь сечения. Диаметр провода d по величине тока I и плотности тока δ можно найти также по графикам на рис. 41-6.

Для внешних обмоток трансформаторов (например, для наматываемых сверху обмоток накала) можно допускать плотности токов на 15—20% больше указанных в таблицах при условии, что во внутренних обмотках плотности токов будут снижены.

Сопротивление обмотки дросселя или первичной обмотки выходного трансформатора УНЧ для постоянного тока при числе витков w, диаметре провода d (*мм*), средней длине витка $l_в$ (см.

табл. 41-1 и 41-2), использовании медного провода и температуре 20° C

$$R = \frac{0{,}00022 w l_в}{d^2}\,. \qquad (41\text{-}3)$$

Сопротивление обмотки увеличивается на 4,3% при увеличении температуры на каждые 10° С. Вследствие того что фактический диа-

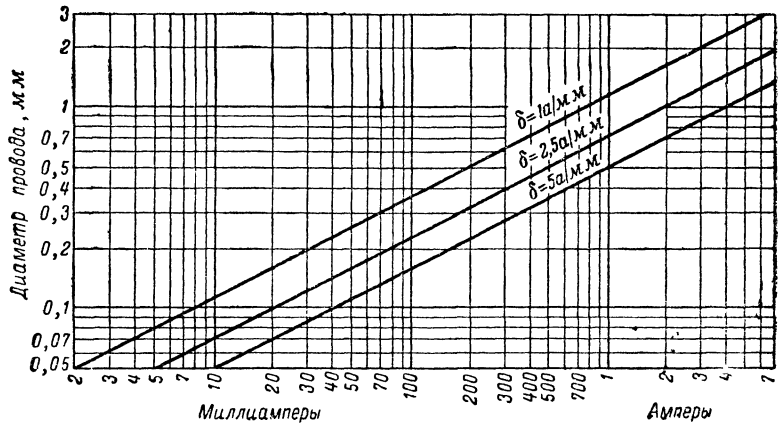


Рис. 41-6. График для определения минимально необходимого диаметра провода обмотки в зависимости от проходящего по ней тока.

метр провода может несколько отличаться от номинального, истинное сопротивление обмотки может несколько отличаться от расчетного.

Индуктивность обмотки L (*гн*), содержащей w витков и расположенной на сердечнике из пластин электротехнической стали, собранном вперекрышку (см. рис. 41-1, *а* и *б*), или на витом сердечнике без зазора (рис. 41-1, *д* и 41-3), при малой величине тока

$$L = \frac{1{,}3 w^2 S \cdot 10^{-5}}{l_м}\,. \qquad (41\text{-}4)$$

Площадь сечения сердечника S (*см*²) и среднюю длину магнитной силовой линии $l_м$ (*см*) (рис. 41-1, *г*) берут из табл. 41-1 или 41-2.

Число витков w, необходимое для получения индуктивности L (*гн*) при использовании данного сердечника,

$$w = 300\sqrt{\frac{L l_м}{S}}\,. \qquad (41\text{-}5)$$

Зазор в сердечнике. Если через расположенную на сердечнике обмотку протекает ток, имеющий постоянную составляющую (дроссель сглаживающего фильтра выпрямителя — см. § 32-4, первичная обмотка выходного трансформатора однотактного каскада УНЧ — см. § 10-1), магнитное поле в сердечнике также имеет постоянную составляющую (постоянное подмагничивание). Она значительно снижает магнитную проницаемость материала сердечника, вследствие чего для получения необходимой индуктивности число витков придется настолько увеличить, что они смогут не поместиться в окне сердечника. Если же в нем сделать зазор в виде прокладки из картона, бумаги или иного немагнитного изоляционного материала (рис. 41-1, *в*, *г* и *е*), то число витков достаточно увеличить примерно только в 1,5 раза по сравнению с вычисленным по формуле (41-5).

При данном числе ампер-витков wI_0 (произведение числа витков w на постоянную составляющую тока через обмотку в амперах I_0) величина зазора $l_з$ (*мм*) определяется по формуле

$$l_з = \frac{wI_0}{1\,200}. \qquad (41\text{-}6)$$

Если получится $l_з \leqslant 0{,}1$ *мм*, то части сердечника из пластин собирают в стык без прокладок. При уменьшении I_0 индуктивность увеличивается (при данном зазоре).

В заключение расчета необходимо проверить, пользуясь формулой (41-1), поместятся ли витки на каркасе; в противном случае придется выбрать сердечник большего размера и произвести расчет заново.

41-3. СЕРДЕЧНИКИ ИЗ МАГНИТОДИЭЛЕКТРИКОВ И ФЕРРИТОВ

Сердечники из магнитодиэлектриков представляют собой изделия пластмассового типа, изготовленные путем прессования порошкообразного ферромагнитного материала: альсифера, карбонильного железа или магнетита с изоляционным материалом — полистиролом или бакелитовыми смолами. Соответственно сердечники называются альсиферовыми, карбонильными и магнетитовыми.

Альсифер — сплав, содержащий 7,5% алюминия, 9% кремния, остальное — железо; карбонильное железо — железо, совершенно свободное от серы, фосфора и кремния, но содержащее углерод. Последнее получают при высокой температуре и давлении из пентакарбонила (жидкость), откуда этот магнитодиэлектрик и получил свое название. Магнетит — минерал (магнитный железняк).

Сердечники из ферритов. Простой феррит представляет собой неметаллический материал на основе окиси — закиси железа, в котором часть атомов железа замещена атомами никеля, цинка, марганца или лития. Сердечники изготовляют из смеси нескольких простых ферритов (оксиферы, ферроскубы) методами керамической технологии.

Магнитная проницаемость материала равна отношению магнитной индукции в нем к напряженности магнитного поля. Иначе говоря, магнитная проницаемость показывает, во сколько раз создаваемое электрическим током магнитное поле усиливается материалом

Таблица 41-3

Ферриты

Марка материала	Начальная магнитная проницаемость	Старое название материала
Никель-цинковые и литий-цинковые		
5ВЧ	$5\pm0,5$	СН-5
10ВЧ	$10^{+4}_{-1,5}$	ФС-10
13ВЧ	13 ± 2	СНК-13
13ВЧ1	13 ± 2	Феррит Ф-20, НФК-13
20ВЧ	20^{+8}_{-2}	Оксифер РЧ-20
30ВЧ	$30^{+6}_{-4,5}$	Феррит ФЛ-30
50ВЧ	50^{+10}_{-5}	МНЦ-50
60ВЧ	60^{+12}_{-5}	ФЛ-60
100НН	100^{+30}_{-10}	Феррит $Ф_1$-100, МНЦ-120
100НН1	100^{+20}_{-10}	НЦ-100
150НН	150 ± 15	Г-21
200НН	200^{+50}_{-70}	Оксифер 200
200НН1	$200+20$	МНЦ-200
400НН	400^{+100}_{-50}	Феррит Ф-400, Оксифер 400
600НН	600^{+200}_{-100}	Феррит Ф-600, Оксифер 600
2000НН	$2\,000^{+400}_{-200}$	Феррит Ф-2000, Оксифер-2000
Марганец-цинковые		
1000НМ	$1\,000\pm200$	Феррит ФМ-1000, Оксифер М-1000
1500НМ	$1\,500^{+200}_{-300}$	
2000НМ	$2\,000^{+500}_{-300}$	Феррит ФМ-2000, Оксифер М-2000
2000НМ1	$2\,000^{+500}_{-300}$	Оксифер МТ-2000
2000НМ2	$2\,000^{+500}_{-300}$	Оксифер МД-2000
3000НМ	$3\,000+500$	Феррит ФМ-3000, Оксифер М-3000
4000НМ	$4\,000^{+800}_{-500}$	Оксифер М-4000

по сравнению с магнитным полем, создаваемым таким же током в пустоте.

Для так называемых магнитомягких ферритов и магнитодиэлектриков, предназначаемых для применения в сердечниках различных катушек и трансформаторов, важнейшим параметром является начальная магнитная проницаемость $\mu_{нач}$ — проницаемость, которую эти материалы имеют в очень слабых магнитных полях порядка 0,001 *э*. Практически такие условия имеют место в высокочастотных контурах приемной аппаратуры.

При усилении поля в некоторых пределах магнитная проницаемость увеличивается. Наибольшее значение ее называется максимальной магнитной проницаемостью. Далее магнитная проницаемость снижается и в очень сильных полях делается равной единице, т. е. в этих условиях магнитный материал перестает усиливать магнитное поле.

Эффективная магнитная проницаемость сердечника $\mu_{эфф}$ — число, показывающее во сколько раз индуктивность катушки с данным сердечником при слабом магнитном поле больше ее индуктивности в отсутствие сердечника. Эффективная магнитная проницаемость практически равна начальной только в кольцевом сердечнике (см. рис. 41-7, *г*). Для сердечников других видов $\mu_{эфф}$ всегда меньше $\mu_{нач}$ и зависит от формы сердечника и катушки. В случае стержневого сердечника (рис. 41-7, *а*—*в*) $\mu_{эфф}$ зависит от положения его по отношению к катушке, в случае броневого сердечника с подстроечником — изменяется при изменении положения подстроечника. В справочниках приводят значения $\mu_{эфф}$, измеренные при определенных (образцовых, эталонных) катушках.

Марка магнитомягкого феррита состоит из числа, показывающего среднее значение его начальной магнитной проницаемости $\mu_{нач}$, и двух букв (табл. 41-3). Первая буква Н указывает, что феррит является низкочастотным, причем для материалов этого типа к низким относят частоты примерно до 10 *Мгц*. Вторая буква М указывает, что данный феррит является марганец-цинковым (твердый раствор марганцевого и цинкового ферритов). Вторая буква Н указывает, что данный феррит является никель-цинковым или литий-цинковым.

Ферриты с начальной магнитной проницаемостью $\mu_{нач} \geqslant 600$ применяют обычно на частотах не свыше 1 *Мгц*, т. е. соответствующих длинным и средним волнам, на звуковых частотах, на частотах строчной развертки телевизоров. Сердечники из феррита марки 400НН можно применять на частотах до 2 *Мгц* ($\lambda > 150$ *м*), а из феррита марки 200НН — до 5 *Мгц* ($\lambda > 60$ *м*). При более высоких частотах резко увеличиваются потери высокочастотной энергии в сердечниках и уменьшается магнитная проницаемость.

Магниты электродинамических громкоговорителей и других приборов изготавливают из бариевых ферритов, которые имеют в обозначении марок буквы БИ или БА. Эти материалы, называемые магнитотвердыми ферритами или ферроксдюрами, не меняют своих магнитных свойств при воздействии внешних магнитных полей.

О ферритах других марок здесь не говорится, поскольку они не распространены в радиолюбительской практике.

Цилиндрические стержневые карбонильные сердечники СЦР с резьбой (рис. 41-7, *а* и табл. 41-4) помещают внутрь каркасов катушек, на внутренней поверхности которых имеется винтовая резьба. Вращением сердечника изменяют объем его внутри катушки и тем

Таблица 41-4

Карбонильные цилиндрические сердечники

Тип сердечника	СЦР-1	СЦР-2	СЦР-3	СЦР-4	СЦР-5	СЦР-6	СЦР-7
Длина *l*, *мм* . . .	10	19	10	19	10	19	10
Резьба	1М6×0,75		1М7×0,75		1М8×1		1М9××1

Тип сердечника	СЦР-8	СЦШ-1	СЦШ-2	СЦГ-1	СЦГ-2	СЦТ-1	СЦТ-2
Длина *l*, *мм* . . .	19	10	19	10	19	10	19
Диаметр *d* (резьба), *мм*	1М9××1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Диаметр d_1, *мм* .	—	—	—	—	—	3,2	3,2

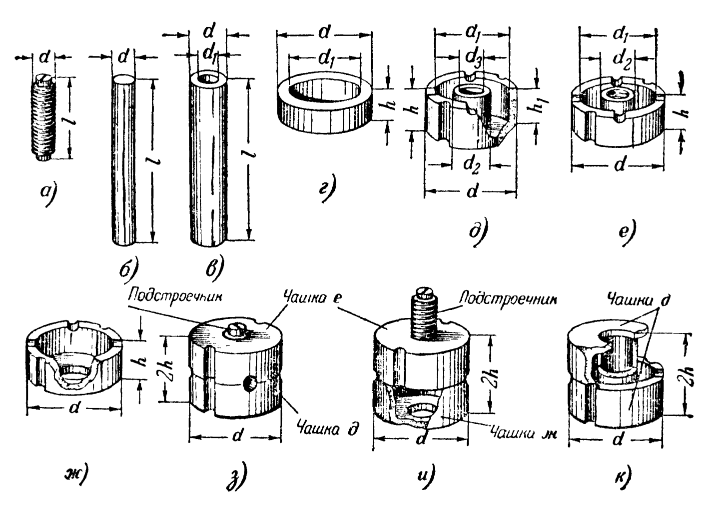


Рис. 41-7. Карбонильные и ферритовые сердечники.

а — цилиндрический карбонильный с резьбой (подстроечник); *б* — цилиндрический стержневой карбонильный или ферритовый гладкий; *в* — трубчатый карбонильный или ферритовый; *г* — кольцевой; *д* — чашка карбонильная или ферритовая для сборки броневого замкнутого сердечника; *е* — то же карбонильная с резьбой для подстроечника; *ж* — то же для сборки карбонильного незамкнутого сердечника; *з* — броневой замкнутый карбонильный сердечник типа СБ-а; *и* — броневой незамкнутый карбонильный сердечник типа СБ-б; *к* — броневой замкнутый ферритовый сердечник (подстроечник не показан).

самым индуктивность последней. При полностью введенном сердечнике в катушку индуктивность ее до 1,6 раза больше, чем при полностью выведенном сердечнике.

Цилиндрические стержневые сердечники гладкие (рис. 41-7, *б*) вставляют внутрь катушек или катушки наматывают на них. Полностью введенный в катушку карбонильный сердечник СЦГ увеличивает индуктивность ее до 1,9 раза по сравнению с такой же катушкой без сердечника.

Карбонильные сердечники такой же формы, но с впрессованной в них латунной шпилькой с резьбой называют СЦШ. Они более удобны для плавного изменения индуктивности катушек по сравнению с сердечниками СЦГ.

Ферритовые стержневые гладкие сердечники выпускаются нашей промышленностью в большом ассортименте размерами $d \times l$ от $2{,}74 \times \times 12$ до 10×200 *мм*.

Для магнитных антенн (см. § 4-1 и 14-4) применяют сердечники из ферритов марок 400НН, 600НН и 2000НМ1 диаметром 8 или 10 *мм* и длиной от 60 до 200 *мм* (сердечники для магнитных антенн из феррита марки 600НН согласно ГОСТ в дальнейшем выпускаться не будут). Такие сердечники маркируются буквой М, после которой следует марка феррита.

Сердечники из феррита марки 400НН предназначаются для магнитных антенн для приема на частотах не свыше 1,6 *Мгц* ($\lambda > 180$ *м*).

Контур магнитной антенны на СВ радиовещательный диапазон ($\lambda_{макс} \approx 570$ *м*; $f_{мин} \approx 525$ *Мгц*) при использовании в нем конденсатора переменной емкости с $C_{макс} \approx 300$ *пф* должен иметь индуктивность 320 *мкгн*. Приводим конструктивные данные катушек магнитных антенн для этого диапазона, имеющих указанную индуктивность с отклонением не более $\pm 10\%$ при сердечнике из феррита марки 400НН. Внешний диаметр каркаса 10 *мм* при сердечнике с $d=8$ *мм* и $l \leqslant 125$ *мм*, 10,5 *мм* при $d=8$ *мм* и $l \geqslant 140$ *мм* и 13 *мм* при $d \times l = 10 \times 200$ *мм*. При диаметре сердечника $d=8$ *мм* катушки должны иметь следующие числа витков (в скобках указаны длина намотки $l_н$ и расстояние от начала ее до конца сердечника $l_к$):

при $l=60$ *мм* — 85 витков провода ЛЭШО $16 \times 0{,}07$ ($l_н=41$ *мм*; $l_к=11$ *мм*);

при $l=65$ *мм* — 82 витка провода ЛЭШО $16 \times 0{,}07$ ($l_н=42$ *мм*; $l_к=12$ *мм*);

при $l=80$ *мм* — 82 витка ЛЭШО $21 \times 0{,}07$ ($l_н=49$ *мм*; $l_к=14$ *мм*);

при $l=100$ *мм* — 82 витка провода ЛЭШО $16 \times 0{,}07$ ($l_н=70$ *мм*; $l_к=15$ *мм*);

при $l=125$ *мм* — 74 витка провода ЛЭШО $21 \times 0{,}07$ ($l_н=72$ *мм*; $l_к=28$ *мм*);

при $l=140$ *мм* — 78 витков провода ЛЭШО $21 \times 0{,}07$ ($l_н=90$ *мм*, $l_к=26$ *мм*);

при $l=160$ *мм* — 72 витка провода ЛЭШО $21 \times 0{,}07$ ($l_н=86$ *мм*; $l_к=38$ *мм*).

При $d=10$ *мм* и $l=200$ *мм* — 64 витка провода ЛЭШО $21 \times 0{,}07$ ($l_н=140$ *мм*; $l_к=30$ *мм*).

Сердечники из феррита марки 2000НМ1 следует применять только в магнитных антеннах, используемых для приема в диапазоне ДВ. Контур антенны на такой диапазон ($\lambda_{макс} \approx 1500$ *м*; $f_{мин} \approx 200$ *кгц*) с конденсатором переменной емкости с $C_{макс} \approx 300$ *пф* должен иметь индуктивность 4 100 *мкгн*. При использовании сердечника диамет-

ром $d=8$ *мм* из феррита марки 2000 НМ1 и намотке катушки на каркасе с внешним диаметром 10 *мм* получается указанная индуктивность с отклонением не более ±10% при следующем числе витков:

при $l=60$ *мм* — 260 витков провода ПЭВ-2 0,1 ($l_н=41$ *мм*; $l_к=11$ *мм*);

при $l=100$ *мм* — 260 витков ПЭЛШО 0,14 ($l_н=70$ *мм*; $l_к=15$ *мм*).

Ферритовые сердечники прямоугольного сечения также применяют в магнитных антеннах. Для катушек с такими сердечниками изготавливают каркасы, имеющие в сечении следующие внешние размеры:

5×22 *мм* — для сердечников сечением 3×20 *мм*;

6×18 *мм* — для сердечников сечением 4×16 *мм*;

8×28 *мм* — для сердечников сечением 5×25 *мм*.

Для работы в диапазоне СВ при использовании феррита марки 400 НН и конденсатора переменной емкости с $C_{макс}\approx300$ *пф* индуктивность 320 *мкгн* ±10% получается при следующих числах витков:

размер сердечника 80×16×4 *мм* — 70 витков провода ЛЭШО 16×0,07 ($l_н=50$ *мм*; $l_к=18$ *мм*);

то же 100×16×4 *мм* — 70 витков провода ЛЭШО 16×0,07 ($l_н=63$ *мм*; $l_к=17$ *мм*);

то же 100×20×3 *мм* — 71 виток провода ЛЭШО 16×0,07 ($l_н=65$ *мм*; $l_к=20$ *мм*);

то же 115×20×3 *мм* — 71 виток провода ЛЭШО 21×0,07 ($l_н=79$ *мм*; $l_к=18$ *мм*);

то же, 125×16×4 *мм* — 70 витков провода ЛЭШО 21×0,07 ($l_н=80$ *мм*; $l_к=18$ *мм*);

то же 125×20×3 *мм* — 73 витка ЛЭШО 21×0,07 ($l_н=78$ *мм*; $l_к=23$ *мм*);

то же 160×25×5 *мм* — 62 витка провода ЛЭШО 21×0,07 ($l_н=103$ *мм*; $l_к=26$ *мм*);

то же 200×25×5 *мм* — 62 витка провода ЛЭШО 21×0,07 ($l_н=125$ *мм*, $l_к=38$ *мм*).

Индуктивность 4 100 *мкгн* ±10%, необходимая для настройки контура в диапазоне ДВ с помощью конденсатора переменной емкости с $C_{макс}=300$ *пф*, получается при следующих числах витков, если применить сердечник из феррита марки 2000НМ1:

размер сердечника 80×60×4 *мм* — 254 витка провода ПЭЛШО 0,1 ($l_н=50$ *мм*; $l_к=18$ *мм*);

то же 100×16×4 *мм* — 245 витков ПЭЛШО 0,14 ($l_н=63$ *мм*; $l_к=17$ *мм*);

то же 100×20×3 *мм* — 238 витков ПЭЛШО 0,14 ($l_н=65$ *мм*; $l_к=20$ *мм*).

Во всех случаях каркасы для катушек магнитных антенн с цилиндрическими или плоскими сердечниками склеивают из бумаги с применением клея БФ.

Кольцевые сердечники (рис. 41-7, *г*) из ферритов наиболее распространены в современной радиоаппаратуре. Они выпускаются нашей промышленностью в большом ассортименте, начиная от весьма миниатюрных, размером $d\times d_1\times h=1\times0{,}6\times0{,}3$ *мм* до 100×60×10 *мм*. Кольцевые сердечники из альсифера и других магнитодиэлектриков вытесняются ферритовыми сердечниками.

Броневые сердечники (табл. 41-5 и 41-6). Карбонильный сердечник собирают из двух чашек и подстроечника с винтовой резьбой;

замкнутый карбонильный сердечник (рис. 41-7, *з*) в зависимости от размера называется СБ-9а—СБ-34а, а незамкнутый (рис. 41-7, *и*) — СБ-12б—СБ-23б. Ферритовый замкнутый сердечник (рис. 41-7, *к*) собирают из двух чашек и подстроечника без резьбы; в зависимости от размера сердечник называется ОБ-12—ОБ-48.

Таблица 41-5

Карбонильные броневые сердечники*

Тип	СБ-9а (СБМ, СБ0а)	СБ-12а (СБ1а)	СБ-12б (СБ1б)	СБ-23-11а (СБ2а)	СБ-23б (СБ2б)	СБ-23-17а (СБ3а)	СБ-28а (СБ4а)	СБ-34а (СБ5а)
Размеры сердечников и составляющих их чашек (рис. 41-1, д—з)								
d, *мм*	9,6	12,3	12,3	23,0	23,0	23,0	28,0	34,0
d_1, *мм*	7,5	10,0	10,0	18,5	18,5	18,0	22,0	27,0
d_2, *мм*	4,6	6,0		10,0		10,0	13,0	13,5
d_3 (резьба)	M3×0,5	M4×0,7		1M7×0,75		1M7××0,75	1M8×1	
h, *мм*	3,8	5,3		5,5		8,5	11,5	14,0
h_1, *мм*	2,1	4,1		3,1		6,0	8,5	10,1
Размеры подстроечников (рис. 41-7, а)								
Резьба	M3×0,5	M4×0,7		1M7×0,75		1M7××0,75	1M8×1	
l, *мм*	8,0	11,5		13,0		19,0	25,0	30,0
Эффективная магнитная проницаемость в отсутствие подстроечника								
$\mu_{эфф}$	$\geqslant 1,7$	$\geqslant 3,0$	$\geqslant 1,7$	$\geqslant 2,8$	$\geqslant 1,8$	$\geqslant 3,4$	$\geqslant 3,7$	$\geqslant 3,4$

* В скобках старые, отмененные названия.

Катушки располагают внутри чашек сердечников (см. § 41-4). Индуктивность таких катушек можно изменять, перемещая подстроечники внутри чашек: для карбонильных сердечников это изменение не менее 13%.

Число витков катушки в замкнутом карбонильном сердечнике, необходимое для получения требуемой индуктивности L (*мкгн*), можно приближенно определить по формуле

$$w \approx A\sqrt{L}\,. \qquad (41\text{-}7)$$

Для сердечников СБ-9а, СБ-12а коэффициент $A=7$, для СБ-23-11а $A=4$ и для СБ-23-17а, СБ-28а и СБ-34а $A=4{,}4$.

Ш-образные ферритовые сердечники (рис. 41-8, *а* и табл. 41-7). Такой сердечник собирают из двух Ш-образных частей со шлифован-

ными поверхностями их стыка. Изготовляют такие сердечники чаще всего из ферритов с относительно небольшой магнитной проницаемостью. Применяют Ш-образные сердечники в выходных и других низкочастотных трансформаторах, в трансформаторах транзисторных преобразователей постоянного напряжения, в трансформаторах строчной развертки телевизоров..

Таблица 41-6

Ферритовые броневые сердечники

Тип	ОБ-12	ОБ-20	ОБ-30	ОБ-36	ОБ-48
Размеры сердечников и составляющих их чашек (рис. 41-7, д и к)					
d, *мм*	13,0	21	30	36	48
d_1, *мм*	10,4	18	25	30	40
d_2, *мм*	6,3	9,1	11,2	15,8	20
d_3, *мм*	3,1	4,4	5,5	7,9	10
h, *мм*	5,7	6,8	9,5	12,0	16,3
h_1, *мм*	4,1	4,5	6,3	8,1	11
Размеры подстроечников (рис. 41-7, б)					
d, *мм*	2,7	3,9	4,9	7,0	9,0
l, *мм*	10,5	13,5	20,0	18,0	22,5

Унифицированные трансформаторы строчной развертки телевизоров типов ТВС-А и ТВС-Б имеют сердечники, собранные из двух П-образных частей (рис. 41-8, *б*), изготовленных из феррита марки 600НН. Размеры сердечника: $L=53$ *мм*; $H=62{,}4$ *мм*; $B=15$ *мм*.

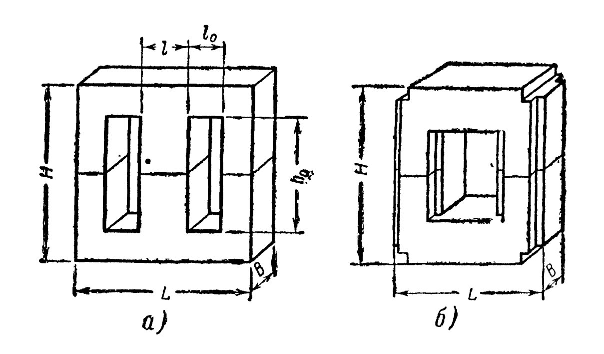


Рис. 41-8. Ферритовые сердечники.

а — из Ш-образных частей; *б* — из П-образных частей.

Таблица 41-7

Броневые ферритовые сердечники из Ш-образных частей

Тип	Размеры по рис. 41-8, *а*					Площадь сечения *S*, *см*²
	L, *мм*	*H*, *мм*	*B*, *мм*	l_0, *мм*	h_0, *мм*	
Ш2,5×2,5	10	10	2,5	2,0	6,5	0,06
Ш3×3	12	12	3,0	2,5	8,0	0,09
Ш4×4	16	16	4,0	3,2	10,4	0,16
Ш5×5	20	20	5,0	4,0	13	0,25
Ш6×6	24	24	6,0	5,0	16	0,36
Ш7×7	30	30	7,0	6,0	19	0,49
Ш8×8	32	32	8,0	7,5	23	0,64
Ш10×10	36	36	10	8,0	26	1,0
Ш12×15	42	42	12	9,0	30	1,8
Ш16×20	54	54	16	11	38	3,2
Ш20×28	65	65	20	12	44	5,6

41-4. САМОДЕЛЬНЫЕ КОНТУРНЫЕ КАТУШКИ И ФИЛЬТРЫ ПЧ ДЛЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ

От качества контурных катушек и фильтров ПЧ зависят чувствительность, избирательность и полоса пропускания приемника. Поэтому катушки следует выполнять точно по описаниям.

Описываемые ниже контурные катушки можно использовать в ламповом приемнике прямого усиления и супергетеродине с блоком конденсаторов (или одиночным конденсатором) с начальной емкостью 17—20 *пф* и конечной 470—510 *пф*. При этом перекрываются диапазоны 750—2 000 *м* (ДВ), 200—550 *м* (СВ) и 25—75 *м* (КВ).

В резонансных контурах приемника прямого усиления используют одинаковые катушки; катушки анодной связи L_1 в усилителе ВЧ (см. рис. 4-6, *а*) имеют такие же данные, как антенные катушки соответствующего диапазона.

Число витков катушки обратной связи L_2 в регенеративном детекторе (см. рис. 7-4, *а*) должно быть в 4—10 раз меньше числа витков контурной катушки (табл. 41-9). Катушки связи можно наматывать проводом диаметром 0,1—0,2 *мм* в любой изоляции. В схеме на рис. 7-4, *б* отвод делается от $^1/_{10}$—$^1/_{25}$-й части контурной катушки L_1. Точное число витков катушек обратной связи в детекторе и гетеродине подбирается опытным путем при налаживании приемника.

Катушки с карбонильными сердечниками СЦР наматывают на каркасах, выточенных из изоляционного материала (например, органического стекла) с внутренней резьбой, соответствующей резьбе имеющегося сердечника, или склеенных из бумаги (рис. 41-9). Из бумаги вырезают ленту шириной 35 *мм*, промазывают ее клеем БФ-2 или густым лаком и плотно наматывают в несколько слоев на бол-

Таблица 41-8

Катушки для ламповых радиоприемников

Тип сердечника		Карбонильный подстроечник СЦР-2			Карбонильный броневой СБ-12а			Ферритовый подстроечник			
Вид каркаса по рис.		41-9			41-10 и 41-11			41-12 и 41-13			
Назначение катушки	Индуктивность, *мкгн*	Число витков	Марка и диаметр провода ПЭЛШО	Марка и диаметр провода ПЭВ	Число витков	Марка и диаметр провода ПЭЛШО	Марка и диаметр провода ПЭВ	Число витков	Марка и диаметр провода ПЭЛШО	Марка и диаметр провода ПЭВ	Каркас по рис.
Катушки входного устройства, УВЧ и регенеративного детектора											
Антенная и анодная ДВ	10 000	350×3	—	0,1	600	0,1	0,15	1 200	—	0,1	*а*
Контурная ДВ	2 200	150×3	0,1	0,15	100×3	0,1	0,15	170×3	—	0,1	*б*
Антенная и анодная СВ	1 000	120×3	—	0,1	70×3	0,1	0,15	400	—	0,1	*а*
Контурная СВ	200	40×3	0,2	0,27	95	0,1	0,15	45×3	0,1	0,15	*б*
Антенная и анодная КВ	2,1	20	0,1	0,15	—	—	—	30	0,1	0,15	*в*
Контурная КВ	1,4	13	—	0,6	—	—	—	15	0,44	0,44	*в*
Антенный фильтр ПЧ .	240	35×3	0,1	0,2	35×3	0,1	0,15	35×4	—	0,1	*г*
Катушки гетеродина											
Контурная ДВ	270	60×3	0,2	0,3	35×3	0,1	0,15	65×3	0,1	0,15	*б*
Обратной связи ДВ . .	—	55	0,1	0,15	30	0,1	0,15	40	0,1	0,2	*б*
Контурная СВ	95	45×2	0,2	0,3	20×3	0,1	0,15	33×3	0,1	0,15	*б*
Обратной связи СВ . .	—	28	0,1	0,15	19	0,1	0,15	30	0,1	0,2	*б*
Контурная КВ	1,3	12	0,2	0,3	—	—	—	13,5	0,44	0,44	*г*
Обратной связи КВ . .	—	5	0,1	0,15	—	—	—	12	0,1	0,2	*г*
Катушки фильтров промежуточной частоты											
При конденсаторе $C_ф$ емкостью 120 *пф* . .	1 000	300	0,1	0,15	90×3	0,1	0,15	100×2	—	0,1	*д*
То же 200 *пф*	600	225	0,15	0,2	55×3	0,1	0,15	80×2	—	0,1	*д*
То же 510 *пф*	240	150	0,2	0,3	35×3	0,1	0,15	50×2	0,1	0,1	*д*

ванку диаметром 7—10 *мм* до получения наружного диаметра 10—12 *мм*. Каркас просушивают, снимают с болванки и зачищают мелкой шкуркой.

С одной стороны каркаса на расстоянии 5 *мм* от края прорезают два прямоугольных отверстия шириной 5 *мм*. Затем на это место в один слой наматывают толстую нитку так, чтобы витки ее были

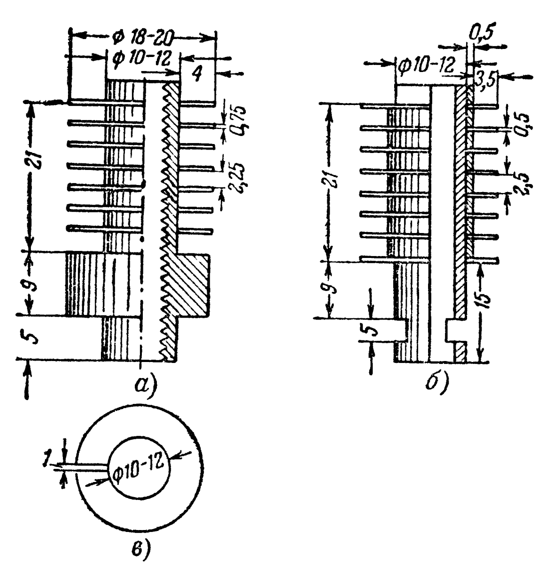


Рис. 41-9. Каркасы для катушек с карбонильными сердечниками СЦР-2.

а — точеный; *б* — клееный; *в* — щечка клееного каркаса.

расположены над прорезями. Эти витки будут выполнять роль нарезки для карбонильного сердечника СЦР, изменением положения которого изменяют индуктивность катушки. Готовые каркасы покрывают лаком и просушивают. Для катушек ДВ и СВ диапазонов из прессшпана, текстолита или плотного картона толщиной 0,3—0,5 *мм* вырезают щечки (рис. 41-9, *в*); внутренние отверстия щечек нужно сделать такими, чтобы они плотно надевались на каркас. Щечки приклеивают к каркасу клеем БФ-2 или лаком. Катушки КВ диапазона имеют такие же размеры, но выполнены без щечек; катушки обратной связи и антенные катушки наматывают на расстоянии 6 *мм* от края соответствующей контурной катушки.

Катушки с броневыми карбонильными сердечниками СБ-12а. Для диапазонов СВ, ДВ и фильтров ПЧ катушки наматывают проводом ПЭВ 0,15 или ПЭЛШО 0,1 на каркасах (рис. 41-10, *а* и *б*) и располагают последние внутри сердечников. Катушки антенной, анодной и обратной связи наматывают внавал между щечками, которые

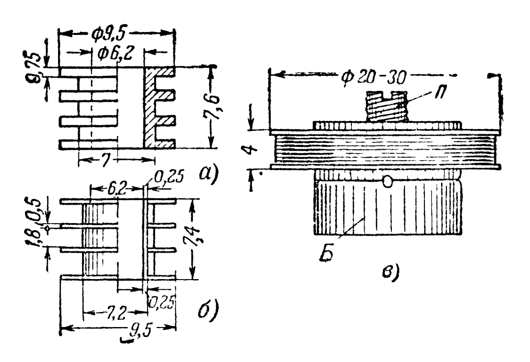


Рис. 41-10. Катушки с броневыми карбонильными сердечниками.

а — точеный каркас контурной катушки и катушки фильтра ПЧ; *б* — то же клееный; *в* — размеры и расположение катушки связи на сердечнике. *Б* — броневой сердечник; *П* — подстроечник.

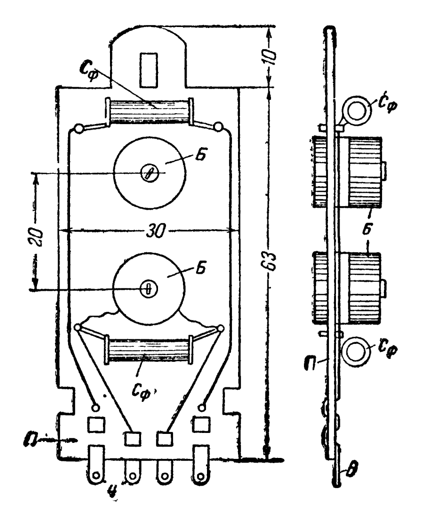


Рис. 41-11. Фильтр ПЧ с катушками в карбонильных броневых сердечниках.

Б — броневой сердечник с катушкой и подстроечником; *В* — контактные выводы; *П* — монтажная плата; $C_ф$—контурный керамический конденсатор постоянной емкости типа КТ-2.

приклеивают к одной из чашек сердечника (рис. 41-10, *в*). Перед намоткой катушку следует изолировать от сердечника одним слоем бумаги.

Фильтры ПЧ с броневыми сердечниками. На гетинаксовой плате с помощью клея БФ-2 закрепляют катушки в сердечниках, а также контурные конденсаторы и выводные контакты (рис. 41-11). Фильтр размещают в цилиндрическом экране из алюминия или латуни с внутренним диаметром не менее 30 *мм* (на рис. 41-11 не показан).

Катушки с ферритовыми сердечниками-подстроечниками. В любительских приемниках можно использовать каркасы от малогабаритных катушек с ферритовыми цилиндрическими подстроечниками от приемников с клавишными переключателями (рис. 41-12).

Катушки антенной связи и анодные УВЧ, ДВ и СВ диапазонов, намотанные на карка-

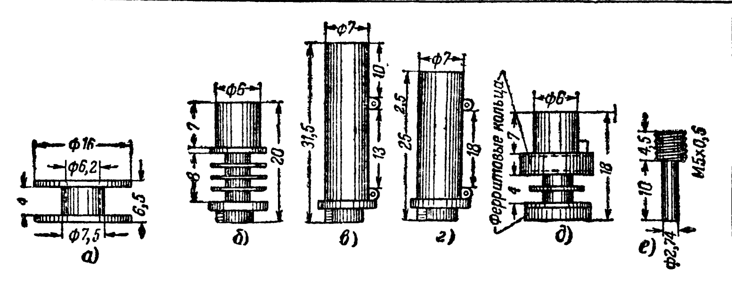


Рис. 41-12. Катушки с ферритовыми сердечниками-подстроечниками.

а — каркас для катушек связи СВ и ДВ диапазонов; *б* — каркас для контурных катушек СВ и ДВ диапазонов; *в*, *г* — каркасы для катушек КВ диапазона; *д* — каркас для катушек фильтра ПЧ; *е* — подстроечник.

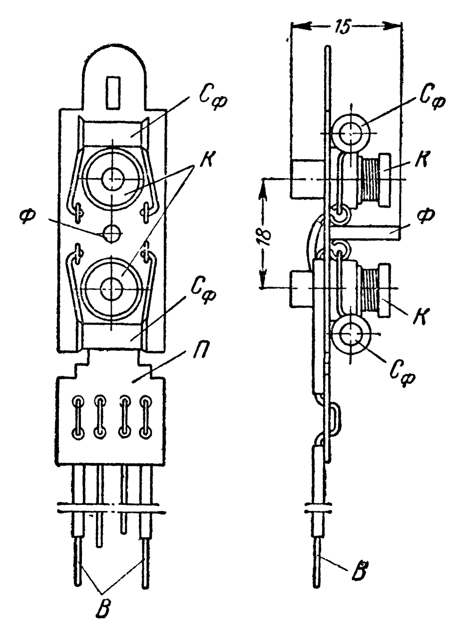


Рис. 41-13. Фильтр ПЧ с ферритовыми сердечниками.

В — монтажные выводы; *К* — катушка на каркасе по рис. 41-12, *д* с ферритовыми кольцами; *П* — монтажная плата; *Ф* — ферритовый стержень диаметром 2,74 *мм* и длиной 12 *мм*; $C_ф$ — контурный керамический конденсатор постоянной емкости типа КТ-2.

сах по рис. 41-12, *а*, приклеивают к верхним частям каркасов контурных катушек (рис. 41-12, *б*).

Контурные катушки гетеродина СВ и ДВ диапазонов занимают три нижние секции каркаса по рис. 41-11, *б*, а катушки обратной связи — четвертую.

Антенные катушки и катушки обратной связи КВ диапазона наматывают на общих каркасах (рис. 41-12, *в* и *г*) с соответствующими контурными катушками на расстоянии 5 *мм* от последних.

Фильтр ПЧ с ферритовыми кольцами (рис. 41-13) представляет собой две катушки, расположенные на гетинаксовой планке толщиной 1—2 *мм* на расстоянии 20 *мм* друг от друга. Крепление катушек осуществляется с помощью фигурного выступа на нижней части каркаса, который вставляется в фигурное отверстие монтажной платы. Вместо фигурного отверстия можно просверлить круглое отверстие диаметром 5 *мм*. Экраны фильтров изготавливают из корпусов электролитических конденсаторов (на рисунке не показаны).

РАЗДЕЛ 42

КАБЕЛИ И ПРОВОДА

42-1. РАДИОЧАСТОТНЫЕ КАБЕЛИ

В радиолюбительской практике радиочастотные кабели используют в качестве фидеров антенн телевизоров и УКВ радиостанций. Кроме того, такие кабели применяют для изготовления согласующих

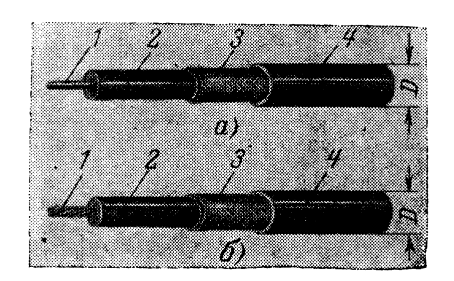


Рис. 42-1. Радиочастотные коаксиальные кабели.

а — с однопроволочной внутренней жилой; *б* — с многопроволочной жилой; *1* — внутренняя медная жила (центральный провод); *2* — изоляция — полиэтилен; *3* — оплетка (чулок) из тонких медных проволок — внешний провод, экран; *4* — защитная оболочка из полихлорвинила или пигментированного (окрашенного) полиэтилена.

устройств антенн (см. § 22-2—22-12) и монтажа электрических цепей аппаратуры, в которых протекают токи с частотами, соответствующими УКВ диапазону.

Важнейшими электрическими параметрами радиочастотных кабелей являются волновое сопротивление $Z_в$ (пояснение этого параметра см. в § 22-1) и затухание α. Последний параметр характеризует потери мощности колебаний ВЧ — затухание колебаний — при распространении их вдоль кабеля.

Таблица 42-1

Коаксиальные кабели

Марка кабеля	Внутренняя жила	$Z_в$, *ом*	α, *дб/м*, на частоте 10 *Мгц*	α, *дб/м*, на частоте 45 *Мгц*	α, *дб/м*, на частоте 100 *Мгц*	*D*, *мм*
РК-50-2-11 (РК-119)	Однопроволочная	50±2	0,05	—	0,18	4,0±0,3
РК-50-2-13 (РК-19)	»	50±2	0,05	—	0,18	4,0±0,3
РК-50-3-11 (РК-159)	»	50±2	0,04	—	0,13	5,3±0,3
РК-50-3-13 (РК-55)	»	50±2	0,03	—	0,13	5,0±0,3
РК-50-4-11 (РК-129)	»	50±2	0,03	—	0,10	9,6±0,6
РК-50-4-13 (РК-29)	»	50±2	0,03	—	0,10	9,6±0,6
РК-50-7-11 (РК-147)	Многопроволочная	50±2	0,02	—	0,08	10,3±0,6
РК-50-7-15 (РК-47)	»	50±2	0,02	—	0,08	10,3±0,6
РК-50-7-12 (РК-128)	»	50±2	0,02	—	0,09	11,2±0,7
РК-50-7-16 (РК-28)	»	50±2	0,02	—	0,09	11,2±0,7
РК-50-11-11 (РК-148)	»	50±2	0,018	—	0,06	14,0±0,8
РК-50-11-13 (РК-48)	»	50±2	0,018	—	0,06	14,0±0,8
РК-75-4-11 (РК-101)	Однопроволочная	75±3	0,032	—	0,10	7,3±0,4
РК-75-4-15 (РК-1)	»	75±3	0,032	—	0,10	7,3±0,4

Продолжение табл 42-1

Марка кабеля	Внутренняя жила	$Z_в$, *ом*	α, *дб/м*, на частоте			*D*, *мм*
			10 *Мгц*	45 *Мгц*	100 *Мгц*	
РК-75-4-12 (РК-149)	Многопроволочная	75±3	0,021	—	0,105	7,3±0,4
РК-75-4-16 (РК-49)	»	75±3	0,021	—	0,105	7,3±0,4
РК-75-7-11	Однопроволочная	75±3	0,02	—	0,07	9,5±0,6
РК-75-7-15	»	75±3	0,02	—	0,07	9,5±0,6
РК-75-7-12 (РК-120)	Многопроволочная	75±3	0,03	—	0,10	10,3±0,6
РК-75-7-16 (РК-20)	»	75±3	0,03	—	0,10	10,3±0,6
РК-100-7-11 (РК-102)	Однопроволочная	100±5	0,025	—	0,075	9,7±0,8
РК-100-7-13 (РК-2)	»	100±5	0,025	—	0,075	9,7±0,8
РК-3	»	75±5	—	0,047	—	13,0
КВТ-1	»	75±3	—	0,073	—	12,0
КВТ-3	»	75±3	—	0,13	—	6,0
КВТ-20	Многопроволочная	75±3	—	0,094	—	10,0
КВТ-49	»	75±3	—	0,059	—	12,0
КПТА	Однопроволочная	75±7	—	0,034	—	12,0
КПТМ	»	75±6	—	0,057	—	7,0

Затухание принято относить к 1 *м* длины радиочастотного кабеля и выражать в децибелах. Так, например, если затухание кабеля марки РК-48 на частотах 10-метрового радиолюбительского диапазона не превышает 0,048 *дб/м*, то изготовленная из него фидерная линия длиной 20 *м* к антенне радиостанции будет иметь затухание $0{,}048 \times 20 \approx 1$ *дб*. Следовательно, при передаче по такой линии уровень мощности в конце ее будет примерно на 1 *дб* меньше уровня мощности в начале ее (в 1,25 раза — см. табл. 1-2 в § 1-7).

С увеличением частоты передаваемых колебаний затухание кабеля возрастает.

Наиболее распространены коаксиальные кабели (рис. 42-1 и табл. 42-1). Фидерные линии симметричных УКВ антенн изготавливают также из двухпроводного симметричного неэкранированного плоского кабеля марки КАТВ, который обладает волновым сопротивлением $Z_в \approx 300$ *ом*.

42-2. МОНТАЖНЫЕ ПРОВОДА

При монтаже аппаратуры, не испытывающей при эксплуатации резких климатических и метеорологических изменений и в которой исключена возможность конденсации влаги, можно применять провода с волокнистой изоляцией (хлопок, шелк, вискоза).

Провода в полихлорвиниловой, резиновой и полиэтиленовой изоляции можно применять также для монтажа аппаратуры, которая будет работать в условиях повышенной влажности с резкими колебаниями температуры.

Провода с изоляцией из кремнийорганической резины предназначены для работы при температуре до 180° С.

Монтажные провода могут быть однопроволочными негибкими и многопроволочными гибкими; у последних токопроводящие жилы свиты из большого числа тонких медных проволок; монтажные провода одних и тех же марок изготавливают с изоляцией различных цветов.

42-3. ОБМОТОЧНЫЕ МЕДНЫЕ ПРОВОДА

Медные круглые обмоточные провода (табл. 42-2—42-4 и рис. 42-2) предназначены для изготовления катушек резонансных контуров, обмоток трансформаторов, дросселей, реле и т. п.

Эмалевая изоляция обладает лучшими электроизоляционными свойствами по сравнению с хлопчатобумажной, шелковой. Капроновый шелк превосходит натуральный по устойчивости к истиранию и воздействию бензина, бензола, минерального масла и подобных им растворителей. Высокопрочные провода с изоляцией из эмалей на поливинилацетиловых лаках (марки ПЭВ-1 и ПЭВ-2) на полиамидно-резольном лаке (марки ПЭРЛ-1 и ПЭРЛ-2) и полиуретановых лаках (марки ПЭВТЛ-1 и ПЭВТЛ-2) обладают повышенными механической прочностью, термоустойчивостью и сопротивлением изоляции. Эмалированные провода марок ПЭВТЛ-1 и ПЭВТЛ-2 залуживаются без предварительной зачистки эмали и применения флюсов путем погружения в расплавленный припой или при помощи паяльника. Провода марки ПЭВД имеют дополнительный термопластичный слой изоляции из лаков на поливинилацетатной основе. Склеивание витков ка-

Таблица 42-2

Теплоустойчивость медных круглых обмоточных проводов

Марка провода	Вид изоляции	$t_{макс}$, °C
ПБД	Два слоя хлопчатобумажной пряжи	70
ПБО	То же один слой	70
ПЭВ-1	Один слой высокопрочной эмали	125
ПЭВ-2	То же два слоя	125
ПЭВД	Высокопрочная эмаль и термопластичное покрытие	125
ПЭВТЛ-1	Один слой высокопрочной теплостойкой эмали, не требующей зачистки при лужении	130*
ПЭВТЛ-2	То же два слоя	130
ПЭЛ	Один слой лакостойкой эмали	105
ПЭЛБД	То же и два слоя хлопчатобумажной пряжи	105
ПЭЛБО	То же	105
ПЭЛКО	Один слой лакостойкой эмали и слой капронового шелка	105
ПЭЛР-1,	Один слой высокопрочной полиамидной эмали	125
ПЭЛР-2	То же два слоя	
ПЭЛУ	Слой утолщенной лакостойкой эмали	105
ПЭЛШКО	Один слой эмали и один слой капронового шелка	105
ПЭЛШО	Один слой эмали и один слой натурального шелка	105
ПЭТВ	Один слой теплостойкой высокопрочной эмали	155**
ПЭТВ-1	То же	155
ПЭТК	Один слой теплостойкой эмали	180

* Кратковременно до 180° С.
** Кратковременно до 200° С.

тушки, намотанной из такого провода, производят нагреванием ее до температуры 160—170° С в течение 3—4 *ч*.

Высокочастотные обмоточные провода (лицендраты) используют в катушках индуктивности резонансных контуров. Эти провода (табл. 42-5) состоят из пучков эмалированных проволок, обмотаных одним (марка ЛЭШО) или двумя (марка ЛЭШД) слоями шелка. Токопроводящие жилы из проволок количеством до 15 состоят из параллельно сложенных проволок, а свыше 15 — из скрученных. Целесообразность применения таких проводов в катушках вызвана явлением поверхностного эффекта, заключающегося в вытеснении тока ВЧ к внешней поверхности провода под действием переменного магнитного поля. Вследствие этого активное сопротивление сплош-

Таблица 42-3

Площади сечения и сопротивления медных обмоточных проводов

Диаметр по меди, *мм*	*S*, *мм*^{2}	*R**, *ом/м*	Диаметр по меди, *мм*	*S*, *мм*^{2}	*R**, *ом/м*
0,05	0,0020	9,29	0,59	0,27	0,064
0,06	0,0028	6,44	0,62	0,30	0,058
0,07	0,0038	4,73	0,64	0,32	0,055
0,08	0,0050	3,63	0,67	0,35	0,050
0,09	0,0063	2,86	0,69	0,37	0,047
0,10	0,0078	2,24	0,72	0,41	0,043
0,11	0,0095	1,85	0,74	0,43	0,041
0,12	0,011	1,55	0,77	0,46	0,038
0,13	0,013	1,32	0,80	0,50	0,035
0,14	0,015	1,14	0,83	0,54	0,032
0,15	0,017	0,99	0,86	0,58	0,030
0,16	0,020	0,87	0,90	0,63	0,027
0,17	0,023	0,77	0,93	0,68	0,026
0,18	0,025	0,69	0,96	0,72	0,024
0,19	0,028	0,62	1,00	0,78	0,022
0,20	0,031	0,56	1,04	0,85	0,021
0,21	0,034	0,51	1,08	0,91	0,019
0,23	0,041	0,42	1,12	0,98	0,018
0,25	0,049	0,36	1,16	1,06	0,017
0,27	0,057	0,31	1,20	1,13	0,015
0,29	0,066	0,27	1,25	1,23	0,014
0,31	0,075	0,23	1,30	1,33	0,013
0,33	0,085	0,20	1,35	1,43	0,012
0,35	0,096	0,18	1,40	1,54	0,011
0,38	0,11	0,15	1,45	1,65	0,010
0,41	0,13	0,13	1,50	1,77	0,0099
0,44	0,15	0,11	1,56	1,91	0,0092
0,47	0,17	0,10	1,62	2,06	0,0085
0,49	0,19	0,093	1,68	2,22	0,0079
0,51	0,20	0,086	1,74	2,38	0,0074
0,53	0,22	0,079			
0,55	0,24	0,073			
0,57	0,25	0,069			

* Сопротивление при 20° С.

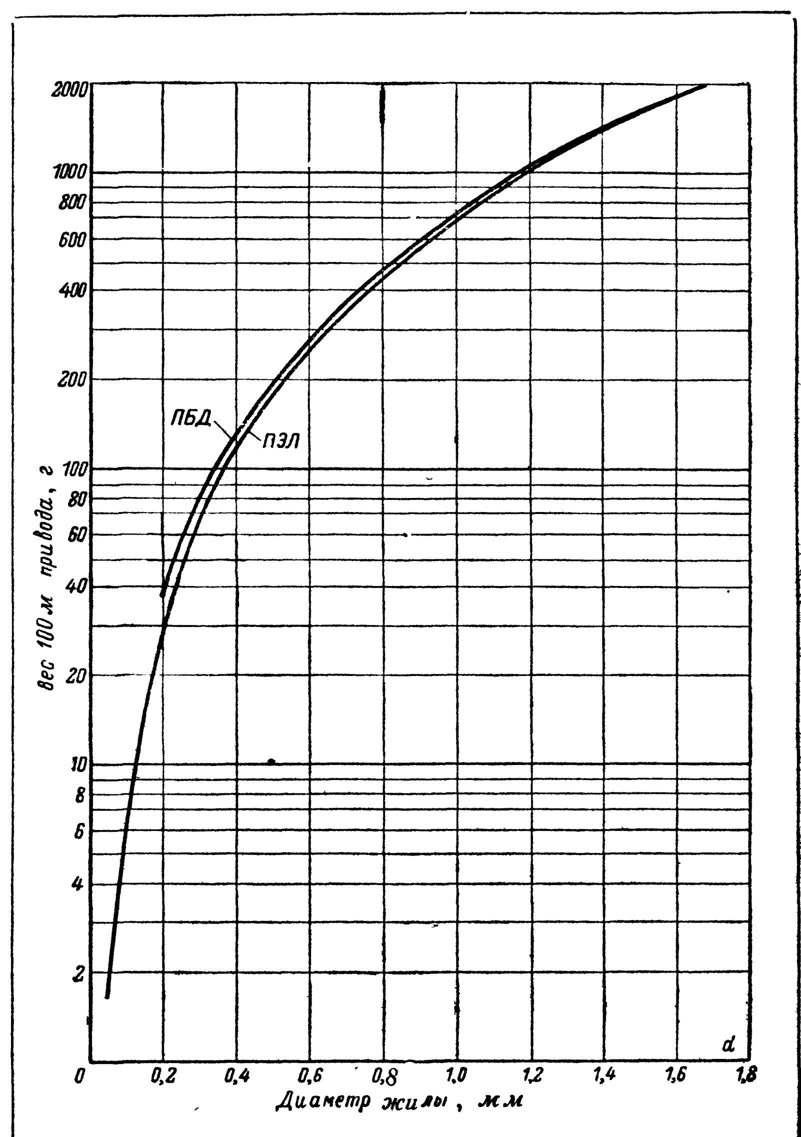


Рис. 42-2. График для определения веса 100 *м* обмоточного провода.

Таблица 42-4

Диаметры медных обмоточных проводов

Диаметр по меди, *мм*	Максимальный наружный диаметр, *мм*								
	ПЭЛ	ПЭВ-1, ПЭЛР-1*, ПЭВТЛ-1, ПЭТВ	ПЭВ-2, ПЭЛР-2*, ПЭВТЛ-2	ПЭЛУ, ПЭТК*	ПЭЛШКО, ПЭЛШО	ПБО	ПЭЛБО, ПЭЛКО	ПБД	ПЭЛБД
0,05	0,065	0,08	—	0,08	0,12	—	—	—	—
0,06	0,075	0,087	0,09	0,09	0,13	—	—	—	—
0,07	0,085	0,097	0,10	0,105	0,14	—	—	—	—
0,08	0,095	0,107	0,11	0,115	0,15	—	—	—	—
0,09	0,105	0,117	0,12	0,125	0,16	—	—	—	—
0,10	0,12	0,127	0,13	0,14	0,175	—	—	—	—
0,11	0,13	0,137	0,14	0,15	0,185	—	—	—	—
0,12	0,14	0,147	0,15	0,16	0,195	—	—	—	—
0,13	0,15	0,157	0,16	0,17	0,205	—	—	—	—
0,14	0,16	0,167	0,17	0,18	0,215	—	—	—	—
0,15	0,17	0,18	0,19	0,19	0,225	—	—	—	—
0,16	0,18	0,19	0,20	0,20	0,235	—	—	—	—
0,17	0,19	0,20	0,21	0,21	0,245	—	—	—	—
0,18	0,20	0,21	0,22	0,22	0,255	—	—	—	—
0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,265	—	—	—	—
0,20	0,225	0,23	0,24	0,24	0,29	0,30	0,325	0,39	—
0,21	0,235	0,24	0,25	0,25	0,30	0,31	0,335	0,40	—
0,23	0,255	0,27	0,28	0,28	0,32	0,33	0,355	0,42	—
0,25	0,275	0,29	0,30	0,30	0,34	0,35	0,375	0,44	—
0,27	0,31	0,31	0,32	0,33	0,37	0,39	0,425	0,49	—
0,29	0,33	0,33	0,34	0,35	0,39	0,41	0,445	0,51	—
0,31	0,35	0,35	0,36	0,37	0,415	0,43	0,47	0,53	—
0,33	0,37	0,37	0,38	0,39	0,435	0,45	0,49	0,53	—
0,35	0,39	0,39	0,41	0,41	0,455	0,47	0,51	0,57	—
0,38	0,42	0,42	0,44	0,44	0,49	0,50	0,545	0,60	—
0,41	0,45	0,45	0,47	0,47	0,52	0,53	0,575	0,63	—
0,44	0,49	0,48	0,50	0,51	0,55	0,56	0,605	0,66	—
0,47	0,52	0,51	0,53	0,54	0,58	0,59	0,635	0,79	—
0,49	0,54	0,53	0,55	0,56	0,60	0,61	0,655	0,71	—
0,51	0,56	0,565	0,58	0,58	0,625	0,63	0,68	0,73	—
0,53	0,58	0,585	0,60	0,60	0,645	0,65	0,70	0,75	—
0,55	0,60	0,605	0,62	0,62	0,665	0,67	0,72	0,77	—
0,57	0,62	0,625	0,64	0,64	0,685	0,69	0,74	0,79	—
0,59	0,64	0,645	0,66	0,66	0,705	0,71	0,76	0,81	—
0,62	0,67	0,675	0,69	0,69	0,735	0,74	0,79	0,84	—
0,64	0,69	0,70	0,72	0,71	0,755	0,76	0,81	0,86	—

Диаметр по меди, *мм*	Максимальный наружный диаметр, *мм*								
	ПЭЛ	ПЭВ-1, ПЭЛР-1*, ПЭВТЛ-1, ПЭТВ	ПЭВ-2, ПЭЛР-2*, ПЭВТЛ-2	ПЭЛУ, ПЭТК*	ПЭЛШКО, ПЭЛШО	ПБО	ПЭЛБО, ПЭЛКО	ПБД	ПЭЛБД
0,67	0,72	0,73	0,75	0,74	0,785	0,79	0,84	0,89	—
0,69	0,74	0,75	0,77	0,76	0,805	0,81	0,86	0,91	—
0,72	0,78	0,78	0,80	0,80	0,845	0,84	0,90	0,94	—
0,74	0,80	0,805	0,83	0,83	0,865	0,86	0,92	0,96	—
0,77	0,83	0,835	0,86	0,86	0,895	0,89	0,95	0,99	—
0,80	0,86	0,865	0,89	0,89	0,925	0,92	0,98	1,02	—
0,83	0,89	0,895	0,92	0,92	0,955	0,95	1,01	1,05	—
0,86	0,92	0,925	0,95	0,95	0,985	0,98	1,04	1,08	—
0,90	0,96	0,965	0,99	0,99	1,025	1,02	1,08	1,12	—
0,93	0,99	0,995	1,02	1,02	1,055	1,05	1,11	1,15	—
0,96	1,02	1,025	1,05	1,05	1,085	1,08	1,14	1,18	—
1,00	1,07	1,08	1,11	1,10	1,135	1,14	1,21	1,27	1,85
1,04	1,12	1,12	1,15	1,15	1,175	1,18	1,25	1,31	1,89
1,08	1,16	1,16	1,19	1,19	1,215	1,22	1,29	1,35	1,93
1,12	1,20	1,20	1,23	1,23	1,255	1,26	1,33	1,39	1,97
1,16	1,24	1,24	1,27	1,27	1,295	1,30	1,37	1,43	2,01
1,20	1,28	1,28	1,31	1,31	1,335	1,34	1,41	1,47	2,05
1,25	1,33	1,33	1,36	1,36	1,385	1,39	1,46	1,52	2,10
1,30	1,38	1,38	1,41	1,41	1,435	1,44	1,51	1,57	2,15
1,35	1,43	1,43	1,46	1,46	1,485	1,49	1,56	1,62	2,20
1,40	1,48	1,48	1,51	1,51	1,535	1,54	1,61	1,67	2,25
1,45	1,53	1,53	1,56	1,56	1,585	1,59	1,66	1,72	2,30
1,50	1,58	1,58	1,61	1,61	1,655	1,64	1,71	1,77	2,35
1,56	1,64	1,64	1,67	1,67	1,715	1,70	1,77	1,83	2,41
1,62	1,71	1,70	1,73	1,74	1,775	1,76	1,83	1,89	2,47
1,68	1,77	1,76	1,69	1,80	1,835	1,82	1,89	1,95	2,53
1,74	1,83	1,82	1,85	1,86	1,895	1,88	1,95	2,01	2,59

* Провода марок ПЭЛР-1 и ПЭЛР-2 диаметром по меди меньше 0,10 *мм* и провод марки ПЭТК диаметром по меди больше 0,51 *мм* не изготавливают.

ного провода на высоких частотах заметно увеличивается. Чтобы ослабить это вредное увеличение активного сопротивления, высокочастотный провод составляют из большого числа изолированных друг от друга проволок, увеличивая тем самым его токонесущую поверхность.

Необходимо иметь в виду, что фактические диаметры медных жил проводов могут несколько отличаться от номинальных значений, указанных в табл. 42-3—42-5. В связи с этим площади сечения S, сопротивление R на 1 *м* длины и наружные диаметры проводов также могут иметь отклонения от значений, указанных в соответствую-

Таблица 42-5

Высокочастотные обмоточные провода

Диаметр проволок, *мм*	Количество проволок	S, *мм*²	Наружный диаметр провода, *мм*		R*, *ом/м*
			марка ЛЭШО	марка ЛЭШД	
0,05	10	0,02	0,33	0,39	1,09
	15	0,03	0,37	0,43	0,70
	21	0,04	0,42	0,48	0,52
0,07	7	0,027	0,34	0,40	0,76
	10	0,038	0,41	0,47	0,53
	12	0,046	0,44	0,50	0,44
	16	0,061	0,47	0,54	0,33
	21	0,082	0,52	0,59	0,25
	28	0,11	0,60	0,67	0,19
	35	0,13	0,76	0,83	0,15
	49	0,19	0,84	0,91	0,11
	63	0,24	1,02	1,09	0,095
	84	0,32	1,13	1,20	0,063
	119	0,46	1,31	1,38	0,045
	147	0,56	1,36	1,43	0,036
	175	0,67	1,60	1,67	0,030
	215	0,94	1,82	1,89	0,022
	630	2,4	5,00	5,10	0,008
	1 100	4,2	7,00	7,10	0,0046
0,1	9	0,071	0,52	0,59	0,27
	12	0,094	0,57	0,64	0,21
	14	0,11	0,60	0,67	0,18
	16	0,12	0,64	0,71	0,15
	19	0,15	0,67	0,74	0,13
	21	0,16	0,71	0,78	0,12
	24	0,19	9,79	0,86	0,10
	28	0,22	0,82	0,89	0,088
	32	0,25	0,87	0,94	0,077
	35	0,27	1,04	1,11	0,071
	49	0,38	1,15	1,22	0,05
	70	0,55	1,51	1,58	0,035
	84	0,66	1,57	1,64	0,03
	105	0,82	1,73	1,80	0,024
	119	0,93	1,82	1,89	0,021
	175	1,37	2,23	2,30	0,014

Диаметр проволок, *мм*	Количество проволок	*S*, *мм*²	Наружный диаметр провода, *мм* марка ЛЭШО	Наружный диаметр провода, *мм* марка ЛЭШД	*R**, *ом/м*
0,2	7	0,22	0,75	0,82	0,089
	9	0,28	0,90	0,97	0,069
	12	0,38	1,01	1,08	0,005
	49	1,54	2,06	—	0,0013

* Сопротивление при температуре 20° С.

щих таблицах. Это замечание относится и к приводимым ниже таблицам проводов из сплавов высокого сопротивления.

42-4. ПРОВОДА ИЗ СПЛАВОВ ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Проволочные резисторы и, в частности, шунты к электроизмерительным приборам изготовляют из проводов высокого удельного сопротивления: 1) манганиновых — из сплава меди, марганца и никеля; 2) нихромовых — из сплава никеля, железа, марганца и хрома и 3) константановых — из сплава меди, никеля и марганца.

Последний сплав обладает наименьшим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), т. е. сопротивление резисторов из константана очень мало зависит от температуры: при изменении ее на 100° С сопротивление изменяется только на 0,05—0,1%. Сопротивление резистора из манганина в тех же условиях изменяется до 0,6%, а из нихрома — на 1—2%.

Провода из сплавов высокого сопротивления бывают как голые, так и изолированные (табл. 42-6—42-9).

Допустимая температура нагрева голых проводов значительно выше, чем изолированных. Для константановых она 400° С, для манганиовых 100° С и для нихромовых около 1 000° С. Нихромовую проволоку применяют для изготовления электрических печей, плиток, паяльников и т. п.

Манганин отличается характерным желтоватым оттенком.

При нагреве константановой проволоки до достаточно высокой температуры на поверхности ее образуется пленка окислов, обладающая электроизоляционными свойствами (оксидная изоляция). Чтобы получить гибкую и прочную пленку, требуется быстро (в течение не более 3 *сек*) нагреть проволоку, пропуская через нее электрический ток, до температуры около 900° С (красный цвет каления) и затем охладить ее на воздухе. Покрытую такой изоляцией константановую голую проволоку можно наматывать плотно виток к витку без особой изоляции между витками, если только напряжение между витками резистора не будет превосходить 1 *в*.

Для малогабаритных высокоомных резисторов повышенной стабильности выпускают провода с диаметром жил 6—10 *мкм* в стеклянной изоляции (табл. 42-10). Эти провода сортируют по сопротивлению на 1 *м* длины, так как измерение таких малых диаметров затруднительно.

Таблица 42-6

Теплоустойчивость изолированных проводов из сплавов высокого сопротивления

Марка провода*	Вид изоляции	$T_{макс}$, °C
	Константановые провода	
ПШДК	Два слоя шелка	105
ПЭБОК	Один слой эмали и слой хлопчатобумажной пряжи	105
ПЭВКМ-1, ПЭВКТ-1	Один слой высокопрочной эмали	110
ПЭК	Один слой лакостойкой эмали	105
ПЭШОК	Один слой эмали и слой шелка	105
ПЭВКМ-2, ПЭВКТ-2	То же два слоя	110
	Манганиновые провода	
ПШДММ, ПШДМТ	Два слоя шелка	105
ПЭВММ-1, ПЭВМТ-1	Слой высокопрочной эмали	110
ПЭВММ-2, ПЭВМТ-2	То же два слоя	110
ПЭММ, ПЭМТ	Один слой лакостойкой эмали	105
ПЭМС	Один слой высокопрочной эмали	110
ПЭШОММ, ПЭШОМТ	Один слой эмали и слой шелка	105
	Нихромовые провода	
ПЭВНХ-1	Один слой высокопрочной эмали	110
ПЭВНХ-2	То же два слоя	110
ПЭНХ	Один слой лакостойкой эмали	105

* Последняя буква М или Т в марке константанового и манганинового провода означает, что он изготовлен из мягкой или твердой проволоки соответственно.

Таблица 42-7

Обмоточные провода из константана

Диаметр по константану, *мм*	*R**, *мм ом/м*	Диаметр провода в изоляции, *мм*					
		ПЭК	ПЭВКТ-1, ПЭВКМ-1	ПЭВКТ-2, ПЭВКМ-2	ПЭШОК	ПШДК	ПЭБОК
0,03	693	0,045	0,05	0,06	—	—	—
0,04	389	0,055	0,065	0,07	—	—	—
0,05	250	0,065	0,08	0,09	0,13	0,17	—
0,06	173	0,075	0,09	0,10	0,14	0,18	—
0,07	127	0,085	0,10	0,12	0,15	0,19	—
0,08	97,4	0,095	0,115	0,14	0,16	0,20	—
0,09	77,0	0,105	0,125	0,15	0,17	0,21	—
0,10	62,4	0,12	0,14	0,16	0,185	0,23	—
0,12	43,4	0,14	0,16	0,18	0,205	0,25	—
0,15	27,7	0,17	0,19	0,21	0,235	0,28	—
0,16	24,4	—	—	—	—	—	—
0,18	19,2	0,20	0,22	0,24	0,265	0,31	—
0,20	15,6	0,23	0,25	0,26	0,30	0,34	—
0,22	12,9	—	0,27	0,28	—	—	—
0,25	9,98	0,28	0,305	0,31	0,35	0,39	—
0,30	6,93	0,34	0,355	0,36	0,41	0,44	—
0,35	5,09	0,39	0,405	0,41	0,46	0,49	—
0,38	4,34	0,42	—	—	0,49	0,52	—
0,40	3,89	0,44	0,455	0,46	0,51	0,54	0,55
0,45	3,08	0,50	0,505	0,51	0,57	0,59	0,61
0,50	2,50	0,55	0,555	0,56	0,62	0,64	0,66
0,55	2,06	0,60	0,605	0,61	0,67	0,69	0,71
0,60	1,73	0,65	0,655	0,66	0,72	0,74	0,76
0,65	1,49	0,71	0,71	0,72	0,78	0,79	0,82
0,70	1,27	0,76	0,76	0,77	0,83	0,84	0,87
0,75	1,12	0,81	0,81	0,82	0,88	0,89	0,92
0,80	0,974	0,86	0,86	0,87	0,93	0,94	0,97
0,85	0,864	0,91	—	—	0,98	0,99	1,02
0,90	0,770	0,96	—	—	1,03	1,04	1,07
1,0	0,624	1,07	—	—	1,14	1,14	1,18

* Сопротивление при 20° С.

Таблица 42-8

Обмоточные провода из манганина

Диаметр по манганину, *мм*	R^*, *ом/м*	Диаметр провода в изоляции, *мм*					
		ПЭМТ, ПЭММ	ПЭМС	ПЭВМТ-1, ПЭВММ-1	ПЭВМТ-2, ПЭВММ-2	ПЭШОММ, ПЭШОМТ	ПШДММ, ПШДМТ
0,02	1 370	—	—	0,04	0,045	—	—
0,025	876	—	—	0,045	0,05	—	—
0,03	606	0,05	—	0,05	0,06	—	—
0,04	342	0,06	—	0,065	0,07	—	—
0,05	220	0,07	0,075	0,08	0,09	0,135	0,175
0,06	152	0,08	0,085	0,09	0,10	0,145	0,185
0,07	112	0,09	0,095	0,10	0,12	0,155	0,195
0,08	85,4	0,10	0,105	0,115	0,14	0,165	0,205
0,09	67,6	0,11	—	0,125	0,15	0,175	0,215
0,10	54,8	0,13	0,14	0,14	0,16	0,195	0,24
0,12	38,1	0,15	0,16	0,16	0,18	0,215	0,26
0,15	24,3	0,18	0,19	0,19	0,21	0,245	0,29
0,18	16,9	0,21	—	0,22	0,24	0,275	0,32
0,20	13,7	0,24	0,24	0,25	0,26	0,31	0,35
0,22	11,3	—	—	0,27	0,28	—	—
0,25	8,76	0,29	0,30	0,305	0,31	0,36	0,40
0,30	6,06	0,34	0,355	0,355	0,36	0,41	0,46
0,35	4,47	0,41	0,41	0,405	0,41	0,48	0,51
0,38	3,81	0,44	—	—	—	0,51	0,54
0,40	3,42	0,46	0,46	0,455	0,46	0,53	0,56
0,45	2,71	0,52	—	0,505	0,51	0,59	0,61
0,50	2,20	0,57	0,57	0,555	0,56	0,64	0,66
0,55	1,81	0,63	—	0,605	0,61	0,70	0,72
0,60	1,52	0,68	0,67	0,655	0,66	0,75	0,77
0,65	1,29	0,74	—	0,71	0,72	0,81	0,82
0,70	1,12	0,79	0,78	0,76	0,77	0,86	0,87
0,75	0,974	0,84	—	0,81	0,82	0,91	0,92
0,80	0,854	0,89	0,88	0,86	0,87	0,96	0,97
0,85	0,758	0,94	—	—	—	1,01	1,02
0,90	0,675	0,99	—	—	—	1,06	1,07
1,0	0,548	1,10	—	—	—	1,17	1,17

* Сопротивление при 20° С.

Таблица 42-9

Обмоточные провода из нихрома

Диаметр по нихрому, *мм*	*R**, *ом/м*	Диаметр провода в изоляции, *мм*		
		ПЭВНХ-1	ПЭНХ	ПЭВНХ-2
0,02	3 190	0,04	—	0,045
0,025	2 040	0,045	—	0,05
0,03	1 420	0,05	0,05	0,06
0,04	794	0,065	0,06	0,07
0,05	510	0,075	0,075	0,09
0,06	354	0,085	0,085	0,10
0,07	260	0,10	0,095	0,12
0,08	199	0,11	0,105	0,14
0,09	157	0,12	0,115	0,15
0,10	127	0,14	0,14	0,16
0,11	105	—	0,15	—
0,12	88,5	0,16	0,16	0,18
0,13	75,1	—	0,17	—
0,14	65,0	—	0,18	—
0,15	56,5	0,19	0,19	0,21
0,16	49,8	—	—	—
0,18	39,2	0,22	—	0,24
0,20	31,9	0,25	0,245	0,26
0,22	26,3	0,27	0,265	0,28
0,23	24,1	—	0,28	—
0,24	22,1	—	0,29	—
0,25	20,4	0,305	0,31	0,31
0,30	14,2	0,355	0,36	0,36
0,35	10,4	0,405	0,42	0,41
0,40	7,94	0,455	0,47	0,46

* Сопротивление при 20° С.

Таблица 42-10

Обмоточные провода марки ПССМ

*R**, *ом/м*	*D***, *мкм*
15 000±2 500	14
11 000±1 500	16
8 000±1 500	17
5 500±1 000	18
4 000±500	20

* Сопротивление при 20° С.
** Ориентировочный внешний диаметр провода.

СПРАВКИ

КАК ЗАКАЗЫВАТЬ И ВЫПИСЫВАТЬ КНИГИ МАССОВОЙ РАДИОБИБЛИОТЕКИ

Часто нас спрашивают: в какие магазины издательство сдает свои книги для продажи?

Издательство не отправляет своих книг в магазины. Оно сдает их на базы Союзкниги — организации, ведающей книжной торговлей в нашей стране. С книжных баз книги направляются в республиканские книжные организации, а по РСФСР через Роскнигу — в автономные республики, края и области Российской федерации.

Книжные магазины получают книги по сделанным ранее заказам со своих областных, краевых или республиканских книжных баз.

Заказы делаются на основании тематических планов, которые издательства печатают для Союзкниги. Эти тематические планы с аннотациями на книги ежегодно осенью получают все книжные магазины нашей страны.

И Вам, наш читатель, мы советуем своевременно ознакомиться в местном книжном магазине (лучше всего в магазине технической книги, если он имеется в Вашем городе) со сводным тематическим планом выпуска литературы по радиоэлектронике и связи на 1965 г. и заказать нужные Вам книги. Лучше всего делать заказ на следующий квартал, оставляя в магазине открытку со своим адресом. При поступлении заказанных книг в магазин Вас известят об этом.

Радиолюбителям, которые живут там, где нет книжного магазина, рекомендуем выписывать книги из книжных магазинов своего областного, краевого или республиканского центра.

Можно также обратиться в «Книгу—почтой». Заказ следует адресовать так: название республиканского или областного центра, Книготорг, отделению «Книга—почтой». Книги в адрес «Полевая почта» и «До востребования» высылаются только по получении их стоимости и стоимости пересылки.

Еще раз рекомендуем заказывать литературу только из плана текущего года и даже квартала.

Дело в том, что выпуски Массовой радиобиблиотеки расходятся очень быстро и поэтому книги прошлых лет, а иногда и месяцев приобрести почти невозможно.

Издательство и редакция книжной торговлей и высылкой книг не занимаются.

КАК ПОЛУЧИТЬ ПИСЬМЕННУЮ РАДИОТЕХНИЧЕСКУЮ КОНСУЛЬТАЦИЮ

Радиотехническая консультация при Центральном радиоклубе СССР дает платную письменную консультацию по различным радиотехническим вопросам. Плата установлена:

а) по 40 коп. за ответ на один из нижеследующих вопросов:

сообщение адресов радиотехнических учебных заведений, издательств радиотехнической литературы, магазинов «Книга—почтой», организаций, торгующих радиодеталями, справок по экспонатам всесоюзных радиовыставок, правил получения разрешения на постройку любительских радиостанций;

б) по 60 коп. за ответ на один из вопросов:

указание литературы, в которой можно найти описание нужного радиоприбора (приемника, усилителя, телевизора, магнитофона и др.); высылка консультационной листовки, наиболее полно освещающей заданный вопрос; рекомендация книг и брошюр по отдельным отраслям радиотехнических знаний, советы начинающим радиолюбителям, с чего начать свою работу;

в) по 85 коп. за ответ на один из вопросов:

разъяснение работы отдельных узлов радиоаппаратуры, возможности замены одних деталей другими, в том числе радиоламп и полупроводниковых приборов, рекомендации по выбору схем радиоаппаратуры с технической оценкой качества их работы;

г) по 1 р. 10 к. за ответ на один из вопросов:

советы по устранению неисправностей в радиоаппаратуре, простейшим переделкам и усовершенствованиям в схемах радиоаппаратуры (без производства технических расчетов), рекомендации по выбору телевизионных антенн для дальнего приема телевидения.

Для получения консультации заказчик должен перевести стоимость ответа на расчетный счет Центрального радиоклуба СССР № 70005 в Бауманское отделение Госбанка г. Москвы и квитанцию об оплате вместе с вопросами по консультации выслать в адрес Центрального радиоклуба СССР: Москва, Сретенка, 26/1, Радиотехническая консультация.

На бланке почтового перевода делается пометка «Плата за консультацию».

Консультация также производит некоторые простейшие радиотехнические расчеты по предварительным заказам граждан. Для этого заказчик должен перевести в адрес консультации 40 коп. и сообщить письмом с приложением почтовой квитанции, какой расчет надо произвести. Консультация сообщает стоимость работы и после оплаты ее заказчиком выполняет и высылает расчет.

Консультация не дает ответов на вопросы, связанные с получением моточных данных и конструктивных размеров различной промышленной и любительской радиоаппаратуры, описания которых не опубликовывались в печати, о дополнительных данных деталей конструкций, опубликованных в различных книгах и брошюрах, не сообщает адресов промышленных предприятий, выпускающих радиоаппаратуру и радиодетали, не высылает книг и брошюр по радиотехнике, не выполняет заказов на высылку радиоаппаратуры и радиодеталей.

Письма без оплаты стоимости консультации к исполнению не принимаются.

При обращении в консультацию рекомендуется:

1. В письмах и почтовых переводах писать четко и разборчиво свою фамилию, имя, отчество и обратный адрес.

2. В денежных переводах обязательно указывать, за что переводится плата: за радиотехническую консультацию, за фотокопии схем или другие услуги.

3. В письме по возможности ясно и коротко формулировать интересующие вопросы.

4. Для ускорения ответа на письма желательно прикладывать конверт с надписанным (обратным) адресом.

ГДЕ МОЖНО ЗАКАЗАТЬ ФОТОКОПИИ СО СТРАНИЦ ЖУРНАЛА «РАДИО» И КНИГ МАССОВОЙ РАДИОБИБЛИОТЕКИ

Заказы на фотокопии принимает Радиотехническая консультация Центрального радиоклуба СССР через фотоателье бытового обслуживания.

Стоимость фотокопии с одной страницы книги или журнала размерами:

9×12 *см*	— 1 р. 10 к.
13×18 *см*	— 1 р. 35 к.
18×24 *см*	— 1 р. 77 к.

Заказы выполняются только после полной оплаты работы — высылки денег почтовым переводом на расчетный счет Центрального радиоклуба СССР № 70005 в Бауманском отделении Госбанка г. Москвы. К письменному заказу на фотокопии прилагается квитанция об оплате.

В заказе необходимо указать автора, наименование книги или брошюры, год издания и номера страниц, подлежащих копированию, и размеры копии.

При заказе копий из журнала «Радио» надо указать год издания, номер журнала, наименование статьи и номера страниц.

Фотокопии выполняются из журнала «Радио», книг Массовой радиобиблиотеки издательства «Энергия» и брошюр и книг Издательства ДОСААФ.

Заказы на фотокопии из другой радиотехнической литературы, в том числе иностранной, принимаются только после предварительного согласия консультации. Получив такое подтверждение, можно производить заказ и оплату работ.

Адрес: Москва, Сретенка, 26/1, Центральный радиоклуб СССР, Радиотехническая консультация.

Справочник начинающего радиолюбителя.
М.—Л. изд-во «Энергия», 1965, 656 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 581)

Сводный тематический план 1965 г.
«Радиоэлектроника и связь», № 178

Редактор *В. А. Бурлянд*
Техн. редактор *Н. А. Бульдяев*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 29/IV 1965 г. Подписано к печати 9/VII 1965 г.
Т-10212. Бумага 84×108[1]/32. Печ. л. 34,44. Уч.-изд. л. 42,21.
Тираж 350 000 экз. (2 завод — 150 001 — 350 000)
Цена 2 р. 26 коп. Заказ 1285

Отпечатано с матриц Владимирской типографии на Книжной фабрике № 1 Росглавполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров РСФСР по печати, г. Электросталь Московской области,
Школьная, 25. Заказ 702.

Цена 2 р. 26 к.